

PRAPROPOSAL PENELITIAN DISERTASI

**ANALISIS KELELAHAN VISUAL SECARA REAL
TIME MENGGUNAKAN NOISE AWARE VISUAL
FATIGUE RECOGNITION BERBASIS
DEEP LEARNING**



**I PUTU AGUS EKA DARMA UDAYANA
2091011010**

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS UDAYANA
2021**

**PRAPROPOSAL PENELITIAN DISERTASI
(MATERI UJIAN KUALIFIKASI)**

**ANALISIS KELELAHAN VISUAL SECARA REAL
TIME MENGGUNAKAN NOISE AWARE VISUAL
FATIGUE RECOGNITION BERBASIS
DEEP LEARNING**



**I PUTU AGUS EKA DARMA UDAYANA
2091011010**

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS UDAYANA
2021**

Lembar Persetujuan Pembimbing Akademik

PRAPROPOSAL PENELITIAN DISERTASI INI TELAH DISETUJUI

PADA TANGGAL

Pembimbing Akademik

(.....)
NIP.

Mengetahui:

Koordinator Program Studi Doktor Ilmu Teknik
Fakultas Teknik Universitas Udayana

(Prof. Ir. I Nyoman Arya Thanaya, ME, Ph.D.)
NIP. 19601108 198803 1 002

**Praprosal Penelitian Disertasi Ini Telah Disetujui dan Dinilai
oleh Panitia Penguji pada
Program Doktor Ilmu Teknik
Program Pascasarjana Universitas Udayana
Pada tanggal**

Panitia Penguji Praproposal Penelitian Disertasi:

Ketua :

Anggota : 1.
2.
3.
4.
5.

ABSTRAK

Pandemi COVID 19 telah menimbulkan dampak yang sangat luar biasa terhadap peradaban manusia, pandemi ini memaksa meningkatnya interaksi manusia dengan perangkat digital baik untuk berinteraksi sosial, pembelajaran dan produktivitas di bidang pekerjaan. Interaksi ini diyakinkan akan mengubah kebiasaan manusia untuk masa yang akan datang karena studi menunjukkan bahwa bersosialisasi ataupun bekerja menggunakan komputer seperti halnya rapat menggunakan konferensi video mengurangi penggunaan energi sebesar 10% dari energi yang dibutuhkan untuk pertemuan langsung. Pada tahun 2005 terdapat 16% dari total penduduk dunia yang menggunakan komputer, namun pada tahun 2019 meningkat menjadi 49,7%, hal ini diikuti dengan peningkatan pengguna internet di dunia yang mencapai sebesar 4,39 miliar jiwa di tahun 2019. Penggunaan jangka panjang dari media digital akan membuat pengguna mengalami kelelahan yang bermuara pada masalah penglihatan ataupun komplikasi dengan penyakit lainnya. Pada beberapa kasus, banyak pekerja yang mengabaikan kondisi tubuhnya untuk tetap bekerja lembur demi mendapatkan pemasukan lebih dan sampai berujung mengalami kecelakaan kerja. Kelelahan mata (*visual fatigue*) yang dialami pekerja sebenarnya akan berpengaruh pada fokus dan konsentrasi pekerja sehingga dapat menurunkan produktivitas. Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dikembangkan arsitektur sistem cerdas yang mampu menganalisis, mendeteksi dan memberikan peringatan ketika pekerja mengalami kelelahan mata (*visual fatigue*) melalui gejala *ocular* dan *nonocular* menggunakan *webcam* serta EEG secara *real-time*. Untuk mengimplementasikan hal tersebut diperlukan metode *Convolution Neural Network* (CNN) sebagai mesin pembelajaran untuk mempelajari gejala kelelahan pekerja yang dapat diamati secara *ocular* dan *nonocular*. Untuk mengatasi pencahayaan yang tidak dapat diprediksi pada kasus tertentu, proses *preprocessing* pada peneliti ditambahkan koreksi *gamma* untuk menstabilkan pencahayaan, serta untuk mengatasi *noise* data yang terjadi pada sinyal EEG dilakukan proses *denoising* terlebih dahulu menggunakan metode *Independent Component Analysis* (ICA). Dengan dilakukannya pengembangan arsitektur sistem cerdas untuk mengatasi masalah *visual fatigue* yang diberi nama Noise Aware Visual Fatigue Recognition, diharapkan kecelakaan kerja ataupun sakit yang diakibatkan oleh kelelahan visual sedikit demi sedikit akan dapat teratasi.

Kata kunci: Kelelahan Mata, Kecerdasan Buatan, CNN, EEG, Koreksi Gamma.

ABSTRACT

The COVID 19 pandemic has had a tremendous impact on human civilization, this pandemic forces increased human interaction with digital devices both for social interaction, learning, and productivity in the field of work. This interaction is believed to change human habits for the future because studies show that socializing or working on computers such as meetings using video conferencing reduces energy use by 10% of the energy required for in person meetings. In 2005 there were 16% of the world's total population using computers, but in 2019 it increased to 49.7%, this was followed by an increase in internet users in the world which reached 4.39 billion people in 2019. Long term use of digital media will make users experience fatigue which can lead to vision problems or complication with other ailments. In some cases, many workers neglect their body condition to keep working overtime in order to earn more income and end up having work accidents. The visual fatigue experienced by workers will actually affect the focus and concentration of workers so that it can reduce productivity. Based on these problems, it is necessary to develop an intelligent system architecture that is able to analyze, detect and provide warnings when workers experience visual fatigue through ocular and nonocular symptoms using a webcam and EEG in real-time. To implement this, a Convolution Neural Network (CNN) method is needed as a learning machine to study worker fatigue symptoms that can be observed ocular and nonocular. To overcome unpredictable lighting in certain cases, the preprocessing process in researchers was added with gamma correction to stabilize the lighting, and to overcome the data noise that occurred in the EEG signal, the denoising process was carried out first using the Independent Component Analysis (ICA) method. With the development of an intelligent system architecture to overcome the problem of visual fatigue which is named Noise Aware Visual Fatigue Recognition, this architecture is expected hoped that work accidents or illnesses caused by visual fatigue will gradually be resolved.

Keywords: Visual Fatigue, Artificial Intelligence, CNN, Face Detection, EEG, Gamma Correction.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	11
1.3. Tujuan	12
1.4. Batasan Masalah	13
1.5. Manfaat Penelitian	13
1.6. Kebaharuan Penelitian	14
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	16
2.1 <i>State Of The Art</i>	16
2.2 Road Map Penelitian.....	57
2.3 Fishbone Penelitian	57
2.4 Kelelahan	58
2.5 Kelelahan Visual	60
2.6 Penyebab Kelelahan Visual	61
2.8 Gejala Kelelahan Visual.....	62
2.9 Pengukuran Kelelahan Visual.....	63
2.9.1 Pengukuran Secara Okular.....	64
2.9.2 Pengukuran Secara Non-Okular.....	67
2.10 Citra Digital.....	70
2.11 Pengenalan Pola	71
2.12 Pengenalan Wajah	72
2.12 Pengenalan Landmarks Wajah	73
2.14 Koreksi Gamma.....	74
2.15 Convolution Neural Network (CNN).....	76

2.16	Bahasa Pemrograman Python.....	77
2.17	Teknik Analisa	77
2.17.1	<i>White Box Testing</i>	77
2.17.2	<i>Accuracy Testing</i>	78
BAB III KERANGKA BERPIKIR DAN KONSEP PENELITIAN		80
3.1	Kerangka Berfikir	80
3.2	Konsep Penelitian	82
BAB IV METODE PENELITIAN		84
4.1	Rancangan Penelitian	84
4.2	Lokasi Dan Waktu Penelitian	89
4.3	Ruang Lingkup Penelitian.....	89
4.4	Penentuan Sumber Data	89
4.5	Instrumen Penelitian	90
4.6	Prosedur Penelitian	90
4.7	Analisis Dan Pengujian.....	91
4.7.1	<i>White Box Testing</i>	91
4.7.2	<i>Accuracy Testing</i>	91
DAFTAR PUSTAKA		93

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Keterangan State Of The Art	19

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. <i>Roadmap</i> Penelitian	57
Gambar 2.2. <i>Fishbone</i> Penelitian	58
Gambar 2.3 Kelelahan Pekerja.....	59
Gambar 2.4 Kelelahan.....	60
Gambar 2.5 Pixel Citra	71
Gambar 2.6 Pengenalan Wajah.....	72
Gambar 2.7 Penanda Koordinat Bentuk Wajah	74
Gambar 2.8 Pemetaan Intensitas Dengan Gamma Yang Berbeda.....	75
Gambar 2.9 Hasil Koreksi Gamma	75
Gambar 2.10 Konsep Kerja CNN	76
Gambar 2.11 Logo Bahasa Pemrograman Python	77
Gambar 3.1 Konsep Penelitian	83
Gambar 4.1 Prosedur Penelitian	84

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pandemi COVID 19 telah menimbulkan dampak yang sangat luar biasa terhadap peradaban manusia, pandemi ini memaksa meningkatnya interaksi manusia dengan komputer baik untuk berinteraksi sosial, pembelajaran dan produktivitas di bidang pekerjaan (Bailenson, 2021). Secara umum fenomena ini akan terus menyesuaikan dengan kebiasaan masyarakat global, meskipun pandemi nantinya akan berakhir namun kondisi seperti ini kedepannya akan tetap dipertahankan karena studi menunjukkan bahwa bersosialisasi ataupun bekerja menggunakan komputer seperti halnya rapat menggunakan konferensi video mengurangi penggunaan energi sebesar 10% dari energi yang dibutuhkan untuk pertemuan langsung (Ong, Moors and Sivaraman, 2014; O'Brien and Yazdani Aliabadi, 2020), hal ini juga didukung pesatnya perkembangan teknologi beberapa dekade terakhir dan terbukti memiliki banyak manfaat positif (Bhanu Priya, Jotheeswaran and Subramaniam, 2020; Vieira, Oliveira and Rodrigues, 2019). Pada tahun 2005 terdapat 16% dari total penduduk dunia yang menggunakan komputer, namun pada tahun 2019 meningkat menjadi 49,7% (Bhanu Priya, Jotheeswaran and Subramaniam, 2020). Kejadian ini juga searah dengan penggunaan internet di dunia, jumlah pengguna internet di dunia pada tahun 2019 adalah sebesar 4,39 miliar jiwa (Statista, 2019). Penggunaan jangka panjang dari media digital tidak akan dapat merusak fisik pengguna, namun jika

menggunakannya melewati batas maksimal penggunaan yang disesuaikan dengan kemampuan fisik, terutama yang berhubungan dengan visual akan mampu membuat pengguna mengalami kelelahan yang bermuara pada masalah penglihatan ataupun komplikasi dengan penyakit lainnya (Sullivan, 2008).

Menggunakan komputer dalam jangka waktu yang lama memiliki efek samping yang cukup besar pada mata seperti halnya mata lelah, sulit fokus, penglihatan kabur, perubahan persepsi warna, kekeringan pada mata, mata gatal, sakit kepala dan ketidaknyamanan pada mata (Vieira, Oliveira and Rodrigues, 2019). Secara alami, kedipan mata berfungsi untuk mengalirkan air mata pada mata untuk memberikan kelembaban melalui pelumas yang dikeluarkan. Manusia yang sehat akan berkedip setiap 4 detik sekali, atau jika dihitung secara rata-rata akan berkedip sebanyak 15 kali setiap menit dan setiap kedipan berlangsung selama 1/10 detik. Tingkat kedipan tersebut akan dapat berubah ketika orang tersebut sedang melakukan pekerjaan ataupun berdiskusi menjadi rata-rata 10 sampai 32 kedipan setiap menitnya, dan akan berubah menjadi 4 kedipan ketika menonton video atau melakukan aktifitas yang berhubungan dengan layar monitor (Choi *et al.*, 2018). Penurunan kedipan tersebut menyebabkan terjadinya *visual fatigue* atau kelelahan mata digital.

Visual Fatigue atau kelelahan mata merupakan masalah salah satu bagian kelelahan yang sering dihadapi oleh pekerja yang selalu berinteraksi dengan layar digital (Iskander, Hossny and Nahavandi, 2018). Gejala dari *visual fatigue* sebenarnya dapat dilihat dari gejala yang dapat diamati secara langsung pada mata (*ocular*) dan gejala yang tidak dapat diamati pada mata (*nonocular*). Gejala dari

visual fatigue yang dapat diamati secara langsung seperti mata merah, mata gatal, mata kering dan mata tegang (Vieira, Oliveira and Rodrigues, 2019). Sedangkan, gejala yang tidak dapat diamati pada mata seperti sakit kepala, sakit leher, sakit punggung, mengantuk, dan kehilangan fokus saat mengerjakan pekerjaan (Lee, Chiang and Hsiao, 2020). Tidak hanya sampai disana, *visual fatigue* tersebut juga dapat menimbulkan komplikasi dengan penyakit lainnya.

International Labour Organization (ILO) menyatakan bahwa terdapat dua juta pekerja yang meninggal dunia karena mengalami kecelakaan kerja akibat faktor kelelahan. Data menunjukkan 58.115 sampel pekerja, 32,8% dari sampel tersebut teridentifikasi mengalami kelelahan, jika pekerja tersebut mengalami kecelakaan kerja yang disebabkan oleh kelelahan maka akan berdampak secara langsung pada produktivitas perusahaan (Komalig and Kawoka, 2018). Selain ILO, *World Health Organization* (WHO) yang merupakan organisasi kesehatan dunia memperkirakan kelelahan psikis yang merupakan salah satu muara dari *visual fatigue* berujung pada depresi dan dapat menjadi penyakit pembunuh nomor dua di dunia setelah penyakit jantung. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh kementerian tenaga kerja Jepang, dari 16.000 pekerja yang diambil secara acak menunjukkan 65% diantaranya mengalami kelelahan karena susah fokus dan sekitar 7% mengeluhkan stress berat sehingga merasa tersisihkan (Tatroman and Herlina, 2018). Pada akhir tahun 2013, terdapat berita yang cukup menghebohkan bagi dunia kerja di Indonesia yaitu tepatnya pada 15 Desember 2013, seorang *copywriter* bernama Mita Diran yang bekerja di perusahaan periklanan meninggal karena kelelahan setelah bekerja selama 30 jam tanpa berhenti dengan hanya

mengonsumsi suplemen tubuh (Winarno, 2013). Sementara itu, di Tiongkok, Li Yuan (24 tahun) yang bekerja pada perusahaan periklanan Ogilvy juga ditemukan tidak bernyawa pada Mei 2013. Li Yuan dikenal bekerja terlalu keras tanpa berhenti dan selalu lembur sampai pukul 11 malam hampir selama sebulan (Hardoko, 2014). Sebelumnya di Jepang, kasus serupa juga menimpa Motoyasu Fukiage pada 2010 yang ditemukan meninggal karena serangan jantung setelah bekerja setiap harinya rata-rata 14 jam selama 4 bulan pada restoran Nikonkai Shoya Jepang (Anggraini, Rozy and Lazuardy, 2017).

Untuk dapat mengurangi kasus tersebut, perusahaan sebenarnya telah menyediakan tempat kerja yang ergonomis untuk para pekerja, sehingga pekerja akan merasa nyaman ketika bekerja dalam waktu yang lama. Pada sisi lain pekerjaan yang membutuhkan konsentrasi tinggi sistem kerja pun sebenarnya sudah diperhatikan oleh perusahaan seperti halnya membuat penjadwalan kerja *shift*. Bekerja dengan sistem *shift* ini tentunya akan dapat meringankan beban pekerja yang membutuhkan konsentrasi tinggi sehingga dapat mengurangi terjadinya kecelakaan ataupun kesalahan dalam proses kerja. Jumlah kematian yang terus terjadi akibat dari kelelahan kerja sebenarnya bukan hanya karena kesalahan perusahaan, namun kurang pedulinya pekerja terhadap kapasitas diri mereka, sehingga selalu memaksakan diri dan selalu merasa dapat menyelesaikan pekerjaan walaupun harus lembur tanpa memperhatikan kesehatan. Untuk mengatasi masalah tersebut, beberapa perusahaan sebenarnya bisa melakukan langkah awal dengan memberikan peringatan dini kepada karyawan ketika terdeteksi mengalami kelelahan saat bekerja, pada kasus ini terutama kelelahan visual. Pada penelitian

sebelumnya langkah ini diwujudkan dengan menganalisa aktifitas pekerja menggunakan *webcam*, lalu paramedis yang bekerja pada perusahaan tersebut menganalisa setiap video aktifitas pekerja secara manual sebelum selanjutnya mengambil keputusan kondisi kelelahan pekerja tersebut. Langkah ini sebenarnya sangat baik untuk mendeteksi kelelahan sejak dini para pekerja namun tidak bisa menghasilkan keputusan atau peringatan secara *real-time* (Kartikasari and Swasto, 2017).

Untuk dapat mendeteksi kelelahan mata (*visual fatigue*) yang dialami oleh pekerja sebenarnya terdapat beberapa kondisi yang dapat dikenali untuk dianalisis. Pada pekerja yang mengalami kelelahan biasanya diikuti dengan rasa kantuk yang datang di saat bekerja, secara visual pekerja yang mengantuk dapat diamati dengan keadaan mata yang sering berkedip dan bahkan sampai tertutup, selain itu hal kondisi ini dapat dianalisa dengan kondisi mulut yang sering menguap dan posisi kepala yang sesekali atau sampai menunduk ke bawah. *Visual fatigue* juga dapat dianalisis dengan seberapa sering kesalahan yang dilakukan saat mengetik pada *keyboard* komputer, semakin sering melakukan kesalahan maka pekerja tersebut mungkin saja sudah mengenali *visual fatigue*, dimana gejala tersebut merupakan salah satu dari gejala *nonocular* dari *visual fatigue* (Ulinskas *et al.*, 2018). Pada penelitian lain juga menunjukkan, *visual fatigue* dapat dianalisis menggunakan *Electroencephalogram* (EEG) berdasarkan pembacaan gelombang otak pekerja (Shin *et al.*, 2019). Pada kondisi ideal tanpa mengurangi kenyamanan pekerja saat menjalankan aktifitas di depan komputer, perekaman wajah untuk menganalisis

PERCLOS merupakan cara terbaik untuk mendeteksi kelelahan dini yang dialami bekerja berdasarkan rekaman *webcam* yang ada pada komputer.

Pengenalan citra adalah rumpun ilmu dalam *computer vision* yang mempelajari pengenalan objek dalam foto ataupun video. Kasus *visual fatigue* sebenarnya dapat diselesaikan dengan mengamati video *webcam* yang terpasang pada masing-masing komputer dan memberikan peringatan atau *alert system* secara *real-time* kepada pekerja ketika mengalami *visual fatigue*. *Webcam* yang terpasang pada komputer tersebut nantinya dapat mengawasi atau merekam aktifitas yang terjadi pada pekerja yang berada di sekitaran wajah. Pada penelitian sebelumnya sesuai yang disampaikan oleh Liu et al. (2019), untuk kasus tertentu proses pengenalan objek yang diimplementasikan pada kasus nyata memberikan hasil yang kurang maksimal. Hasil ini dikarenakan adanya faktor kondisi penerangan yang berlebih atau kekurangan pencahayaan sehingga mengurangi akurasi dari pengenalan objek tersebut. Berdasarkan penelitian tersebut, masalah ini dapat diselesaikan dengan menambahkan *preprocessing* sebelum metode utama mulai bekerja untuk mengenali objek tersebut. *Preprocessing* yang dimaksud dalam penelitian ini adalah berupa penerapan koreksi *gamma* yang bertujuan untuk melakukan normalisasi citra sehingga pemetaan antara nilai intensitas (tingkat keabuan) citra masukan dan keluaran sehingga pemetaan bisa tidak linear (Liu et al., 2019) dan berdasarkan beberapa literatur ada dua pendekatan yang dapat digunakan untuk mengenali objek pada video yaitu *Support Vector Machine* (SVM) dan *Convolution Neural Network* (CNN).

Support Vector Machine (SVM) merupakan metode *supervised learning* yang digunakan untuk proses klasifikasi dan regresi. Pada penerapannya, metode ini memiliki kejelasan perhitungan matematis untuk dapat mengungguli teknik klasifikasi lainnya dan dapat mengatasi masalah klasifikasi ataupun regresi linier dan nonlinear. *Convolution Neural Network* (CNN) adalah metode pembelajaran mesin yang merupakan pengembangan dari *Multi-Layer Perceptron* (MLP) untuk mengolah data dua dimensi. CNN merupakan bagian dari *Deep Neural Network* karena dalamnya jaringan yang dipelajari dan sering diimplementasikan untuk pengolahan citra. Pada penerapannya, CNN menggunakan *feedforward* untuk klasifikasi dan *backpropagation* untuk proses pembelajaran. Perbedaan antara CNN dan MLP adalah setiap *neuron* pada CNN dipresentasikan dalam bentuk dua dimensi, sedangkan MLP merepresentasikan *neuron* dalam bentuk satu dimensi. CNN merupakan metode yang pertama kali dikembangkan dengan nama *NeoCognitron* oleh peneliti asal Jepang bernama Kunihiko Fukushima. Konsep yang dikembangkan oleh Kunihiko Fukushima tersebut kemudian dikembangkan lagi oleh seorang peneliti dari USA atas nama LeChun. LeChun berhasil mengembangkan model awal CNN dengan nama *LeNet* pada penelitian yang membahas pengenalan angka dan tulisan tangan. Penerapan metode CNN semakin hari semakin diminati berkat pada tahun 2012 seorang Alex Krizhevsky berhasil menjuarai kompetisi *ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge* 2012 dengan menggunakan metode CNN. Hal ini semakin membuktikan metode CNN sebagai metode klasifikasi objek pada citra terbaik, setelah mengungguli metode *machine learning* lainnya seperti SVM.

Berdasarkan hasil studi literatur, beberapa penelitian yang membahas untuk deteksi *visual fatigue* sudah pernah dilakukan baik yang dilakukan secara manual atau pun memanfaatkan perkembangan teknologi. Menurut Geng, ZhiQiang Hu, and Xiao (2019) yang fokus penelitiannya pada deteksi kelelahan pengemudi dengan mengamati kedipan mata untuk mengurangi terjadinya kecelakaan di saat berkendara, penerapan metode CNN pada penelitian ini berhasil memperoleh akurasi sampai 98,9% dalam mengamati pergerakan mata pengemudi. Selain melihat pergerakan kedipan mata, penelitian lainnya mengamati ekspresi wajah seperti halnya menguap dan mengobrol atau bernyanyi untuk mendeteksi kelelahan pengemudi saat berkendara (Suchitra *et al.*, 2019). Masih pada kasus deteksi kelelahan pada saat mengemudi, untuk mendeteksi kelelahan yang ada pada wajah digunakan metode CNN (Ghazal *et al.*, 2018). Selain menggunakan metode CNN, untuk mendeteksi kelelahan pada wajah juga dapat digunakan metode SDM dan FTF yang dalam penelitiannya metode ini terdapat beberapa kelemahan karena kurangnya data latih untuk mendeteksi gerakan atau aktivitas lain yang mempengaruhi kelelahan (Haque, Mohammad Ahsanul Irani, Nasrollahi and Moeslund, 2016). Hampir sama dengan penelitian sebelumnya penelitian yang dilakukan oleh Shakeel et al. (2019) melakukan deteksi kantuk pengemudi untuk mencegah kecelakaan dengan menggunakan dengan menggunakan 6.000 gambar *dataset* objek mata terbuka dan tertutup. Berdasarkan penelitian tersebut sistem yang dikembangkan akan gagal mendeteksi objek ketika berada pada cahaya yang terlalu terang dan kekurangan cahaya. Begitu juga pada penelitian yang dilakukan oleh Gu, Ji, and Zhu (2002) untuk dapat mendeteksi kelelahan peneliti

menggunakan sensor IR dan *Wavelet Gabor*. Sedikit berbeda dengan penelitian lainnya, penelitian ini masih fokus pada pengenalan wajah namun metode yang digunakan berfokus untuk membedakan objek yang dideteksi makhluk hidup atau tidak (Shi *et al.*, 2019). SVM dan Fuzzy juga cukup efektif digunakan untuk metode pengenalan wajah (Mandal *et al.* 2017; Anggraini, Rozy, and Lazuardy 2017), pada penelitian ini penggunaan SVM menghasilkan akurasi sebesar 96,07% dengan dapat mendeteksi objek sampai 30 *frame* per detik dan pada penelitian lainnya SVM mampu mengklasifikasikan kondisi saat mengalami kelelahan otot mata (Song *et al.*, 2020). Ketika seorang pekerja mendapat informasi terkait kelelahan yang sebenarnya mereka alami sudah seharusnya pekerja tersebut untuk melakukan istirahat kecil, sehingga dapat memulihkan kondisi dan dapat melanjutkan pekerjaan dengan baik (Marandi *et al.*, 2019).

Penelitian lainnya yang masih menggunakan metode SVM pada pelacakan mata sebelum dan setelah mengerjakan tugas kognitif, metode ini dapat mendeteksi peningkatan kelelahan pekerja penuh waktu setelah bekerja dengan akurasi 92,6% (Yamada and Kobayashi, 2017). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nakaso *et al.* (2015) dilaksanakan penelitian pada *Office Deployable Gateway* dengan mengamati pergerakan mata, pada penelitian ini untuk mengamati pergerakan mata digunakan *MS Kinect* sensor V2. Selain dapat mendeteksi *visual fatigue* melalui gejala *ocular*, EEG ternyata dapat digunakan untuk mengukur *visual fatigue* berupa besaran fokus seseorang, dimana untuk mengetahui kelelahan seorang peneliti melihat perbedaan gelombang otak saat normal dan ketika kelelahan (Liu *et al.*, 2019).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terdapat beberapa kelemahan yang masih dialami untuk mendeteksi *visual fatigue*. Seperti hanya terjadi kelemahan deteksi ketika objek berbicara sehingga objek akan memutar wajah ke samping, sehingga model yang ditawarkan gagal dalam mendeteksi posisi mata (Junaedi and Akbar, 2018). Selain itu pencahayaan menjadi permasalahan lainnya dalam mengamati posisi mata serta perclos, sehingga dibutuhkan koreksi citra sebelum masuk pada classifier (Sowmya, Suneetha, and Pushpalatha 2014; Topare et al. 2016). Pada implementasinya deteksi perclos juga memiliki limitasi ketika mengamati objek yang sedang menggunakan kacamata, sehingga sistem tidak dapat mengenali dengan jelas posisi mata, dan untuk mengatasi dibutuhkan sensor yang dapat mendeteksi *visual fatigue* secara *nonocular* (Yanbin *et al.*, 2020). Pada penelitian tersebut juga dijelaskan bahwa model yang ditawarkan untuk mendeteksi *visual fatigue* secara *ocular* tidak bisa mengukur derajat mengantuk (Yanbin *et al.*, 2020). Untuk mengatasi masalah tersebut, sebenarnya telah dilakukan penelitian deteksi kelelahan menggunakan EEG, namun data yang dihasilkan dari EEG rentan terhadap *noise*, sehingga diperlukan algoritma pada tahap awal pemrosesan untuk mengurangi *noise* tersebut (Sinha, K., and Shrivastava 2016; Hanrahan 2019; Lee, Chiang, and Hsiao 2020).

Pada penelitian ini akan dikembangkan model deteksi wajah untuk mengatasi kasus kepala yang tidak menatap ke layar monitor dan koreksi citra untuk mengatasi keadaan minim atau berlebihnya pencahayaan menggunakan metode CNN dan koreksi *Gamma*. Pada kasus objek yang menggunakan kacamata, masalah tersebut akan penulis selesaikan dengan mengkombinasikan deteksi gejala

nonocular pada *visual fatigue* menggunakan sinyal EEG. Untuk mengurangi *noise* data yang ada pada EEG, peneliti menggunakan algoritma CNN untuk mengurangi *noise* sinyal yang dihasilkan sehingga sinyal yang dianalisis untuk *visual fatigue* dapat mendeteksi fokus objek dan derajat mengantuk pekerja. Dibandingkan dengan penelitian yang hanya menggunakan gejala *ocular* dalam menganalisis kelelahan visual, derajat mengantuk dapat memberikan hasil yang lebih akurat untuk mendeteksi objek tersebut mengalami kelelahan visual atau tidak. Mengingat kelelahan visual merupakan salah satu topik yang menjadi perhatian *International Labour Organization* (ILO) dan *World Health Organization* (WHO) karena menjadi pemicu munculnya penyakit kronis yang pada akhirnya ikut juga menjadi penyumbang kematian di dunia, maka sangat perlu dilakukan kajian dan bahasan mengenai deteksi kelelahan visual pekerja yang selalu bekerja berhadapan dengan komputer. Untuk menguji sistem telah dapat berfungsi dengan baik, sistem akan terlebih dahulu diuji menggunakan metode pengujian *white box* dan akurasi oleh pakar kesehatan, sehingga nantinya siap untuk diimplementasikan secara masal.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini adalah:

- 1 Bagaimana menentukan arsitektur terbaik untuk *Noise Aware Visual Fatigue Recognition* berbasis *Deep Learning* sehingga mampu menganalisis gejala pekerja ketika mengalami kelelahan mata (*visual fatigue*)?
- 2 Bagaimana melakukan analisis kelelahan mata (*visual fatigue*) pekerja ketika wajah pekerja tidak menghadap pada layar monitor, pekerja menggunakan

kacamata dan ketika pekerja berada pada ruangan dengan pencahayaan berlebih ataupun kekurangan pencahayaan?

- 3 Bagaimana melakukan perbaikan data terhadap hasil analisis kelelahan mata (*visual fatigue*) berdasarkan gejala *nonocular* (sinyal EEG)?
- 4 Bagaimana akurasi model yang dikembangkan dalam menganalisis kelelahan mata (*visual fatigue*) ketika diimplementasikan pada ekosistem yang sebenarnya?

1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

- 1 Menentukan arsitektur terbaik untuk *Noise Aware Visual Fatigue Recognition* berbasis *Deep Learning* sehingga mampu menganalisis gejala pekerja ketika mengalami kelelahan mata (*visual fatigue*).
- 2 Mengembangkan model yang mampu melakukan analisis kelelahan mata (*visual fatigue*) pekerja ketika wajah pekerja tidak menghadap pada layar monitor, pekerja menggunakan kacamata dan ketika pekerja berada pada ruangan dengan pencahayaan berlebih ataupun kekurangan pencahayaan.
- 3 Melakukan klasifikasi data hasil analisis kelelahan pada salah satu gejala *nonocular* untuk mengurangi *noise* data EEG.
- 4 Mengetahui tingkat akurasi model yang dikembangkan dalam mengenali gejala kelelahan mata (*visual fatigue*) pekerja ketika diimplementasikan pada ekosistem yang sebenarnya.

1.4. Batasan Masalah

Luasnya permasalahan yang dapat ditimbulkan, maka dalam penelitian ini akan dibatasi menjadi beberapa hal, dimana batasan-batasan tersebut adalah:

1. Sistem hanya berguna untuk mengenali kelelahan visual pekerja yang berada pada *frame webcam* yang terdapat pada laptop atau PC (*Personal Computer*).
2. Gejala *ocular* yang dapat dijadikan acuan untuk deteksi kelelahan visual adalah berupa kondisi mata tertutup, durasi kedipan mata, kondisi mulut menguap, raut wajah serta gerakan tambahan yang terekam pada *webcam*.
3. Gejala *nonocular* yang dapat dijadikan acuan pada penelitian ini adalah derajat mengantuk, dan fokus pekerja yang dapat diamati berdasarkan analisis gelombang otak menggunakan EEG.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis

Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi di bidang akademis dengan menerapkan pengetahuan tentang teknologi informatika khususnya pada bidang Kecerdasan Buatan atau *Artificial Intelligence* sehingga bermanfaat bagi masyarakat luas.

2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan teknologi *fatigue detection* atau deteksi kelelahan yang ditujukan pada pekerja yang setiap hari bertatap muka dengan layar monitor untuk mengurangi resiko penurunan kualitas kesehatan

dan bahkan kecelakaan kerja baik disaat sedang dalam pemantauan sistem atau saat berkendara karena efek kelelahan bekerja di kantor.

1.6. Kebaharuan Penelitian

Kebaharuan penelitian (*novelty*) dalam penelitian ini adalah:

1. Pada penelitian sebelumnya terdapat limitasi deteksi kelelahan visual ketika wajah pekerja sedang berdiskusi atau tidak menghadap pada layar monitor, untuk mengatasi tersebut dikembangkan model yang dapat mendeteksi kelelahan pekerja pada saat pekerja sedang berdiskusi.
2. Metode *Convolution Neural Network* (CNN) yang selama ini digunakan untuk deteksi objek diam ataupun bergerak memiliki kelemahan akan menghasilkan akurasi yang kurang baik ketika objek yang dideteksi berada pada pencahayaan terlalu terang ataupun redup. Kebaruan dari penelitian ini adalah menerapkan proses *preprocessing* berupa koreksi *Gamma* sebelum masuk pada proses deteksi objek menggunakan metode CNN.
3. Ditemukan permasalahan, deteksi kelelahan visual pada saat pekerja menggunakan kacamata sehingga model sebelumnya gagal melakukan deteksi kelelahan pada mata pekerja. Untuk mengatasi masalah tersebut diberikan solusi deteksi kelelahan visual dari sisi gejala *nonocular* berupa analisis gelombang otak menggunakan EEG.
4. Pada penelitian sebelumnya, kelemahan EEG dalam melakukan analisis kelelahan adalah banyaknya gelombang otak yang ditangkap oleh EEG sehingga terjadi *noise* data saat analisis. Pada kasus ini metode *Independent*

Component Analysis (ICA) akan digunakan oleh penulis untuk mengurangi *noise* data yang terjadi.

5. Dikembangkan algoritma yang dapat mendeteksi derajat mengantuk dari pekerja yang mengalami kelelahan visual, dimana derajat mengantuk ini dapat dianalisis menggunakan perangkat EEG.
6. Dikembangkannya model analisis kelelahan pekerja dari sisi *ocular* dan *nonocular* sehingga kelemahan analisis yang pada sisi *ocular* dapat ditutupi menggunakan analisis dari sisi nonocular dengan nama *Noise Aware Visual Fatigue Recognition* berbasis *Deep Learning*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *State Of The Art*

Penelitian terkait yang membahas untuk deteksi kelelahan mata (*visual fatigue*) pada khususnya dan deteksi kelelahan (*fatigue detection*) pada umumnya sudah pernah dilakukan baik yang dilakukan secara manual ataupun memanfaatkan perkembangan teknologi. Menurut Lei Geng, ZhiQiang Hu, and ZhiTao Xiao (2019) yang fokus penelitiannya pada deteksi kelelahan pengemudi dengan mengamati kedipan mata untuk mengurangi terjadinya kecelakaan di saat berkendara, penerapan metode CNN pada penelitian ini berhasil memperoleh akurasi sampai 98,9% dalam mengamati pergerakan mata pengemudi. Masih pada kasus deteksi kelelahan pada saat mengemudi, untuk mencegah kelelahan peneliti lainnya menghubungkan sistem yang dikembangkan ke perangkat pintar pengemudi ataupun keluarga terdekat yang bertujuan untuk memberikan peringatan dini ketika pengemudi tersebut mengantuk. Pada penelitian ini, untuk mendeteksi kelelahan yang ada pada wajah juga menggunakan metode CNN (Ghazal *et al.*, 2018). Hampir sama dengan penelitian sebelumnya penelitian yang dilakukan oleh Garcia *et al.* (2019) melakukan deteksi kantuk pengemudi untuk mencegah kecelakaan dengan menggunakan dengan menggunakan 6.000 gambar *dataset* objek mata terbuka dan tertutup. Berdasarkan penelitian tersebut sistem yang dikembangkan akan gagal mendeteksi objek ketika berada pada cahaya yang terlalu terang dan kekurangan cahaya.

SVM dan Fuzzy juga sangat efektif digunakan untuk metode pengenalan wajah (Mandal *et al.*, 2017) (Anggraini, Rozy and Lazuardy, 2017), pada penelitian ini penggunaan SVM menghasilkan akurasi sebesar 96,07% dengan dapat mendeteksi objek sampai 30 *frame* per detik dan pada penelitian lainnya SVM mampu mengklasifikasikan kondisi saat mengalami kelelahan otot mata. Ketika seorang pekerja mendapat informasi terkait kelelahan yang sebenarnya mereka alami sudah seharusnya pekerja tersebut untuk melakukan istirahat kecil, sehingga

dapat memulihkan kondisi dan dapat melanjutkan pekerjaan dengan baik (Marandi *et al.*, 2019). Penelitian lainnya yang masih menggunakan metode SVM dilakukan pada pelacakan mata sebelum dan setelah mengerjakan tugas kognitif, metode ini dapat mendeteksi peningkatan kelelahan pekerja penuh waktu setelah bekerja dengan akurasi 92,6% (Yamada and Kobayashi, 2017). Selain dapat mendeteksi kelelahan menggunakan sensor yang telah dijelaskan tadi, EEG ternyata dapat digunakan untuk mengukur kelelahan seseorang dimana untuk mengetahui kelelahan seorang peneliti melihat perbedaan gelombang otak saat normal dan ketika kelelahan (Liu *et al.*, 2019).

Namun demikian, dari sekian banyak penelitian deteksi kelemahan lebih banyak berfokus pada deteksi kelelahan seorang *driver*. Pada kenyataannya kelelahan itu terjadi bukan hanya pada saat orang sedang berkendara, namun seorang *driver* bisa dibawa sebelum dia berkendara. Untuk mengantisipasi hal tersebut perlu dilakukan penelitian terkait kelelahan yang terjadi di kantor saat bekerja dan akan terbawa sampai saat berkendara. Berdasarkan penelitian terdahulu, masih terdapat celah yang menjadi penyebab kegagalan sistem dalam mendeteksi kelelahan seperti halnya jika dari sisi visual atau ocular, sistem akan gagal dalam mengenali seseorang yang mengalami kelelahan ketika menggunakan kacamata ataupun sedang berdiskusi (wajah tidak menghadap kedepan). Masalah ini sebenarnya dapat diatasi dengan menggunakan EEG sebagai backup dalam analisa kelelahan, namun sinyal gelombang otak yang dihasilkan oleh EEG masih terdapat *noise* sehingga sistem salah membaca hasil analisa kelelahan yang terjadi. Untuk menutupi 2 gap tersebut perlu dilakukan penelitian terkait bagaimana membangun sistem cerdas yang mampu menganalisis gejala pekerja ketika mengalami kelelahan mata (*visual fatigue*), bagaimana melakukan analisis kelelahan mata (*visual fatigue*) pekerja ketika wajah pekerja tidak menghadap pada layar monitor, pekerja menggunakan kacamata dan ketika pekerja berada pada ruangan dengan pencahayaan berlebih ataupun kekurangan pencahayaan, bagaimana melakukan perbaikan data terhadap hasil analisis kelelahan mata (*visual fatigue*) berdasarkan gejala *nonocular* dan bagaimana akurasi model yang dikembangkan dalam menganalisis kelelahan mata (*visual fatigue*) ketika

diimplementasikan pada ekosistem yang sebenarnya. Adapun kebaharian penelitian (*novelty*) dalam penelitian ini adalah pada penelitian sebelumnya terdapat limitasi deteksi kelelahan visual ketika wajah pekerja sedang berdiskusi atau tidak menghadap pada layar monitor, untuk mengatasi tersebut dikembangkan model yang dapat mendeteksi kelelahan pekerja pada saat pekerja sedang berdiskusi. Metode *Convolution Neural Network* (CNN) yang selama ini digunakan untuk deteksi objek diam ataupun bergerak memiliki kelemahan akan menghasilkan akurasi yang kurang baik ketika objek yang dideteksi berada pada pencahayaan terlalu terang ataupun redup. Kebaruan dari penelitian ini adalah menerapkan proses *preprocessing* berupa koreksi *Gamma* sebelum masuk pada proses deteksi objek menggunakan metode CNN. Ditemukan permasalahan, deteksi kelelahan visual pada saat pekerja menggunakan kacamata sehingga model sebelumnya gagal melakukan deteksi kelelahan pada mata pekerja. Untuk mengatasi masalah tersebut diberikan solusi deteksi kelelahan visual dari sisi gejala *nonocular* berupa analisis gelombang otak menggunakan EEG. Pada penelitian sebelumnya, kelemahan EEG dalam melakukan analisis kelelahan adalah banyaknya gelombang otak yang ditangkap oleh EEG sehingga terjadi *noise* data saat analisis. Pada kasus ini metode CNN akan digunakan oleh penulis untuk mengurangi *noise* data yang terjadi. Dikembangkan algoritma PERCLOS yang dapat mendeteksi derajat mengantuk dari pekerja yang mengalami kelelahan visual, dimana derajat mengantuk ini dapat dianalisis menggunakan perangkat EEG. Dikembangkannya model analisis kelelahan pekerja dari sisi *ocular* dan *nonocular* sehingga kelemahan analisis yang pada sisi *ocular* dapat ditutupi menggunakan analisis dari sisi *nonocular*.

Tabel 2.1 Keterangan State Of The Art

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
1	(Geng, ZhiQiang Hu and Xiao, 2019)	<i>Real-time Fatigue Driving Recognition System Based on Deep Learning and Embedded Platform</i>	Eksperimen (CNN, PERCLOS)	Fokus penelitian mengembangkan sistem deteksi kelelahan pengemudi secara <i>real-time</i> menggunakan pembelajaran <i>deep learning</i> yang berfokus pada pengamatan kedipan mata pengemudi. Untuk mengurangi gangguan yang disebabkan oleh perubahan cahaya dan penyumbatan kacamata hitam di lingkungan mengemudi yang sebenarnya, gambar wajah pengemudi ditangkap oleh kamera inframerah USB. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kecepatan deteksi sistem dapat	Secara substansi penelitian ini memiliki relevansi dengan penelitian yang akan dilakukan, tapi kasus yang diambil berbeda. Pada penelitian yang akan dilakukan akan mengangkat terkait kasus <i>visual fatigue</i> yang lebih berfokus pada kelelahan yang disebabkan oleh terlalu lama bekerja di depan layar monitor. Literatur tentang <i>fatigue recognition</i> menggunakan <i>Deep Learning</i> akan dijadikan sumber kajian pustaka oleh peneliti untuk

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
				mencapai lebih dari 20 frame per detik, yang memenuhi persyaratan deteksi <i>real-time</i> dengan rata-rata akurasi sistem dalam mengenali gerakan mata sebesar 98.9%.	mendapatkan metode terbaik dalam <i>visual fatigue recognition</i> .
2	(Suchitra <i>et al.</i> , 2019)	<i>Intelligent Driver Warning System using Deep Learning-based Facial Expression Recognition</i>	Eksperimen (Mengekstraksi tekstur ekspresi wajah berdasarkan <i>Local Octal Pattern</i> (LOP) dan mengenali ekspresi wajah menggunakan CNN)	Fokus penelitian mengembangkan sistem peringatan pengemudi otomatis yang dapat mengirim sinyal peringatan tepat waktu kepada pengemudi berdasarkan pada ekspresi wajah pengemudi berupa keadaan normal, menguap, <i>talking / singing</i> , dan <i>eyes condition (open or closed)</i> , Hasil percobaan menunjukkan sistem yang diusulkan telah dievaluasi dengan	Secara substansi penelitian ini memiliki relevansi dengan penelitian yang akan dilakukan, tapi kasus yang diambil berbeda. Pada penelitian ini kasus yang diambil adalah pembuatan <i>driver warning system</i> berfokus pada <i>facial expression</i> , sedangkan pada penelitian yang penulis akan kerjakan berfokus pada <i>visual</i>

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
				metrik seperti <i>Precision</i> , <i>Recall</i> dan <i>F-Score</i> memperoleh tingkat <i>Recall</i> yang tinggi 96,09% dibandingkan dengan metode lainnya.	<i>fatigue</i> . Literatur terkait CNN akan penulis gunakan sebagai literatur penelitian ini.
3	(Ghazal <i>et al.</i> , 2018)	<i>Embedded Fatigue Detection using Convolutional Neural Networks with Mobile Integration</i>	Eksperimen (Menggunakan Metode CNN)	Fokus penelitian sistem berbiaya rendah dan <i>real-time</i> untuk deteksi kelelahan menggunakan CNN. Ketika kelelahan terdeteksi atau saat mata tertutup, peringatan dikirim ke ponsel pintar pengemudi dan orang dekatnya untuk tindakan pencegahan yang harus diambil sebelum kecelakaan terjadi. Pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi kelelahan dengan kuat dan dapat	Relevansi penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan adalah penerapan metode CNN, sehingga literatur terkait CNN akan penulis gunakan sebagai materi pendukung penelitian yang penulis lakukan.

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
				digunakan secara efektif.	
4	(Haque, Mohammad Ahsanul Irani, Nasrollahi and Moeslund, 2016)	<i>Facial Video based Detection of Physical Fatigue for Maximal Muscle Activity</i>	Eksperimen (<i>Supervised Descent Method (SDM) & Good Feature to Track (GFT)</i>)	Fokus penelitian mendeteksi kelelahan fisik dari aktivitas otot wajah dalam lingkungan realistis dengan pencahayaan alami di mana subjek diizinkan untuk menggerakkan kepala, mengubah ekspresi wajah, dan memvariasikan pose duduk. Metode yang diusulkan menggunakan sistem <i>facial landmarks tracking</i> SDM dan sistem pelacakan poin fitur GTF. Metode fitur pelacak berbasis GFT tidak dapat berfungsi dengan baik ketika wajah jauh dari kamera selama pengambilan video. Selain itu, deteksi	Relevansi penelitian ini adalah adanya proses deteksi kelelahan yang berpusat pada wajah, sehingga literatur pendukung dari penelitian ini dapat digunakan untuk memperkuat penelitian yang dilakukan oleh penulis.

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
				kelelahan dari sistem yang diusulkan tidak memperhitungkan aktivitas lain karena kurangnya data kelelahan dari aktivitas lain.	
5	(Shakeel <i>et al.</i> , 2019)	<i>Detecting Driver Drowsiness in Real Time through Deep Learning based Object Detection</i>	Eksperimen (CNN dan arsitektur MobileNet-SSD)	Fokus penelitian pada aplikasi pendeteksi kantuk yang dapat membantu mencegah kecelakaan dengan mendeteksi mata terbuka dan tertutup. Untuk meningkatkan akurasi digunakan <i>dataset</i> sekitar 6.000 gambar objek wajah mata terbuka dan mata tertutup. Pada penelitian selanjutnya	Penerapan metode CNN menjadi relevansi penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis, sehingga isi dari penelitian ini akan dijadikan acuan untuk meningkatkan latar belakang pemilihan metode penelitian yang dilakukan.

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
				<p>perlu diperhatikan pengambilan keputusan pada saat cahaya rendah dan kondisi objek menguap, bukan hanya keadaan mata tertutup dan terbuka. Berdasarkan penelitian tersebut sistem yang dikembangkan akan gagal mendeteksi objek ketika berada pada cahaya yang terlalu terang dan kekurangan cahaya.</p>	
6	(Shakeel <i>et al.</i> , 2019)	<i>A Fatigue Detection System implemented in an Office Deployable</i>	Eksperimen (Menggunakan MS Kinect sensor)	Fokus penelitian pada pengembangan sistem deteksi kelelahan dengan mengukur waktu penutupan mata dan	Relevansi penelitian ini adalah sama-sama mendeteksi penutupan dan kecepatan mata

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
		<i>Gateway based on Eye Movement</i>	v2)	kecepatan berkedip. Hasil percobaan menunjukkan bahwa gerakan mata dapat diukur secara akurat oleh sensor <i>Kinect</i> . Pada penelitian ini fokus utama tidak pada deteksi wajah, namun pengembangan kursi yang berfungsi sebagai sensor untuk mendeteksi kelelahan disertai dengan sensor detak jantung.	berkedip, namun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah <i>Kinect</i> , sedangkan piranti yang digunakan pada penelitian yang penulis kerjakan adalah webcam dan EEG.
7	(Ma et al., 2013)	<i>A Fatigue Detect System Based on Activity Recognition</i>	Eksperimen (Activity Recognition using Body Sensor Network)	Fokus penelitian pada pengembangan alat bantu yang digunakan untuk mendeteksi kelelahan saat berkendara ataupun bekerja di kantor. Pada penelitian ini alat bantu yang dikembangkan adalah bantal yang	Relevansi dari penelitian ini adalah melakukan deteksi kelelahan secara umum pada saat berkendara ataupun bekerja di kantor. Namun, pada penelitian ini piranti yang digunakan adalah

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
				mampu memperoleh data tekanan dan data tersebut diolah menggunakan aplikasi berbasis MATLAB. Dengan metode yang diusulkan, kami belajar bahwa subjek menjadi lelah setelah sekitar satu jam saja. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa data tekanan untuk orientasi kiri-kanan dapat dengan jelas menilai apakah subjek yang duduk menderita kelelahan.	bantal untuk deteksi kelelahan secara umum.
8	(Gu, Ji and Zhu, 2002)	<i>Active Facial Tracking for Fatigue Detection</i>	Eksperimen (Menggunakan <i>Wavelet Gabor</i>)	Fokus penelitian ini pada pengembangan sistem deteksi kelelahan pengemudi <i>vision-based</i> . Pada penerapannya untuk melakukan deteksi kelelahan pada mata peneliti	Aspek besar yang menjadi acuan penelitian ini penulis tetapkan sebagai studi pendahulu karena pada penelitian ini menggunakan teknologi IR untuk meningkatkan

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
				menggunakan sensor IR (<i>Infra Red</i>) dan <i>Wavelet Gabor</i> untuk mendeteksi fitur untuk mendeteksi fitur pada wajah. Pada penelitian ini sistem tidak dapat mendeteksi ekspresi wajah pengemudi.	perekaman <i>active facial</i> pada pengemudi.
9	(Cobos <i>et al.</i> , 2019)	<i>Facial Activity Detection To Monitor Attention And Fatigue</i>	Eksperimen	Fokus penelitian pada pengembangan sistem deteksi aktivitas wajah yang memungkinkan orang memantau emosi, perhatian, kelelahan, reaksi terhadap berbagai situasi. Pada penelitian ini tidak dijelaskan secara rinci metode yang digunakan.	Relevansi penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan penulis adalah masih melakukan pengamatan terhadap <i>facial activity</i> , sehingga layak digunakan sebagai literatur dalam penelitian yang dilakukan oleh penulis.
10	(Shi <i>et al.</i> ,	<i>Intelligent Access</i>	Eksperimen	Fokus penelitian memecahkan masalah	Tidak terdapat relevansi

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
	2019)	<i>Control System Based on Interactive Face Liveness Detection and Machine Vision</i> Wenfeng	<i>(Multi-Task Cascaded Convolutional Neural Network (MTCNN) and improved face recognition algorithm k-Nearest Neighbor (KNN))</i>	serangan pemalsuan identitas dengan kamera secara <i>real-time</i> dan mengetahui objek yang dideteksi adalah makhluk hidup untuk nantinya dapat membuka kunci. Eksperimen ini menunjukkan tingkat pengenalan sistem mencapai 98,3%.	penelitian ini terhadap penelitian yang dilakukan oleh penulis namun literatur ini sangat bermanfaat bagi penulis untuk dapat membedakan mana wajah ataupun benda mati yang ada di sekitar pekerja, sehingga sistem tidak salah mengamati objek.
11	(Li et al., 2019)	<i>Accurate Fatigue Detection Based on Multiple Facial Morphological Features</i>	Eksperimen (Menggunakan metode SVM)	Fokus penelitian ini adalah untuk mendeteksi kelelahan saat mengemudi. Penelitian ini mengintegrasikan fitur morfologi dari daerah mata dan mulut untuk mendeteksi kelelahan. Algoritma	Relevansi dari penelitian ini adalah untuk mendeteksi kelelahan namun pada kasus yang berbeda. Penggunaan metode REDE yang merupakan

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
				REDE dalam penelitian ini mencapai akurasi terbaik akurasi 96,07% menggunakan algoritma SVM-RBF. Perhitungan REDE juga cukup cepat untuk mendukung pemantauan kelelahan secara <i>real-time</i> dengan <i>frame</i> 30 gambar per detik.	kombinasi dari tiga langkah utama dapat dijadikan referensi dalam pengembangan metode yang dikembangkan pada penelitian yang penulis kerjakan.
12	(Shin <i>et al.</i> , 2019)	<i>Smart Fatigue Phone: Real-Time Estimation Of Driver Fatigue Using Smartphone-Based Cortisol Detection</i>	Eksperimen (Menggunakan sensor otak EEG)	Fokus penelitian ini adalah untuk mendeteksi kelelahan psikologis <i>driver</i> saat berkendara. Untuk mendeteksi kelelahan peneliti menggunakan EEG untuk mendapatkan sinyal <i>alpha</i> sebagai penilaian fokus pengemudi yang terhubung dengan <i>Smart Fatigue Phone</i> .	Relevansi penelitian ini adalah sama-sama menggunakan EEG sebagai pendeteksi kelelahan dalam kasus yang berbeda. Pemilihan sinyal EEG untuk deteksi kelelahan dapat menjadi literatur penulis dalam pelaksanaan penelitian yang

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
					penulis kerjakan.
13	(Liu <i>et al.</i> , 2019)	<i>Convolutional Two-Stream Network Using Multi-Facial Feature Fusion for Driver Fatigue Detection</i>	Eksperimen (<i>Multi-task Cascaded Convolutional Neural Networks (MTCNNs)</i>)	Fokus penelitian menyajikan algoritma pendeteksian kelelahan pengemudi menggunakan model jaringan <i>multi-facial features</i> . Kontribusi utama dari makalah ini adalah kombinasi two-stream network and <i>multi-facial features for driver fatigue detection</i> yang memisahkan setiap CNN dan diakhir dibuat kembali CNN secara global. Dengan menggunakan metode ini didapat peningkatan akurasi 2% di lingkungan malam.	Relevansi dari penelitian ini adalah sama-sama mendeteksi kelelahan, namun pada penelitian ini hanya berfokus pada mata dan mulut.
14	(Song <i>et al.</i> ,	<i>A New Method For</i>	Eksperimen	Fokus penelitian pada metode baru	Penggunaan EEG menjadi

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
	2020)	<i>Muscular Visual Fatigue Detection Using Electrooculogram</i>	(Menggunakan metode <i>Support Vector Machine</i> (SVM))	untuk deteksi <i>Muscular Visual Fatigue</i> (MVF) berdasarkan <i>Electrooculogram</i> (EEG). Hasil penelitian menunjukkan bahwa <i>Wavelet Packet Barycenter Frequency</i> (WPBF) dan <i>Average Blink Time</i> (ABT) secara signifikan berkorelasi untuk mendeteksi MVF dan dengan menggunakan metode SVM penelitian ini memiliki akurasi klasifikasi 0,796 untuk mendeteksi keadaan sebelum dan sesudah kelelahan otot mata.	relevansi pentingnya penelitian ini dijadikan sebagai literatur. Fitur penting yang dapat diambil dari penelitian ini adalah kemampuan EEG untuk mendeteksi <i>Average Blink Time</i> (ABT) yang berguna dalam penelitian yang penulis kerjakan.
15	(Marandi et al., 2019)	<i>An Oculometrics-Based Biofeedback System To Impede Fatigue</i>	Eksperimen (<i>Decision Tree Ensemble</i> untuk	Fokus penelitian pengembangan sistem yang mampu mengidentifikasi kelelahan secara objektif dan	Relevansi penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah subjek penelitian

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
		<i>Development During Computer Work: A Proof-Of-Concept Study</i>	klasifikasi kelelahan)	memberikan rencana waktu individual untuk istirahat kecil. Untuk klasifikasi kelelahan penelitian ini menggunakan <i>Decision Tree Ensemble</i> yang dikembangkan menggunakan dataset <i>oculometrics</i> . Sistem ini mampu mengidentifikasi kelelahan dengan akurasi rata-rata sekitar 70% dan mampu memberikan rencana waktu istirahat untuk menghambat pengembangan kelelahan selama menggunakan komputer.	mengambil kelelahan yang dialami seseorang yang sedang bekerja menggunakan komputer. Penelitian ini sangat membantu penulis dalam mengembangkan model <i>visual fatigue</i> menggunakan pengamatan visual (objek yang ada pada wajah) dan non-visual (gelombang otak).
16	(Mandal <i>et al.</i> , 2017)	<i>Towards Detection of Bus Driver Fatigue Based on Robust Visual</i>	Eksperimen (OpenCV, IR2, SVM)	Fokus penelitian pada pengembangan sistem untuk deteksi kelelahan pada pengemudi kendaraan besar dengan	Secara substansi penelitian ini mengamati kelelahan yang dialami pengemudi bus

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
		<i>Analysis of Eye State</i>		mengamati kepala sampai bahu, wajah, mata, estimasi keterbukaan mata, persentase estimasi penutupan kelopak mata (PERCLOS), dan mengklasifikasi tingkat kelelahan. Hasil penelitian menunjukkan sistem memiliki akurasi yang baik pada kondisi kendaraan yang bergetar dan pengemudi tidak tepat menghadap kamera yang terpasang.	menggunakan pengamatan visual. Pengamatan visual tersebut dapat menjadi literatur penulis untuk mengembangkan model terkait deteksi <i>visual fatigue</i> berdasarkan pengamatan secara visual.
17	(Anggraini, Rozy and Lazuardy, 2017)	<i>Facial Recognition System for Fatigue Detection Using intel Realsense Technology</i>	Eksperimen (<i>Fuzzy, Rapid Application Development (RAD), White Box, Black Box, dan</i>	Fokus penelitian mengembangkan sistem yang mampu mendeteksi kelelahan pekerja dari wajah sebagai <i>input</i> utama untuk menentukan PERCLOS, gerakan mulut, dan anggukan kepala. Hasil dari pengujian	Pengamatan kelelahan pekerja berdasarkan <i>input</i> wajah dapat menjadi acuan penulis dalam pengembangan model deteksi <i>visual fatigue</i> .

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
			<i>Subjective Self Rating Test (SSRT)</i>	aplikasi menunjukkan dari 7 orang yang diuji, 28% hasil tes berjalan sesuai dengan standar pengujian internasional menggunakan <i>Subjective Self Rating Test (SSRT)</i> .	
18	(Yamada and Kobayashi, 2017)	<i>Fatigue Detection Model for Older Adults Using Eye-Tracking Data Gathered While Watching Video: Evaluation Against Diverse Fatiguing Tasks</i>	Eksperimen (SVM)	Fokus penelitian mengembangkan model untuk mengamati kelelahan mental saat mengerjakan tugas yang bersifat kognitif, menyaksikan video dan saat tidak mengerjakan tugas kognitif berdasarkan tingkatan usia. Pendekatan kelelahan yang digunakan adalah mengamati semua pergerakan mata. Setelah dilatih menggunakan data pelacakan mata sebelum dan setelah	Pengamatan mata sebagai parameter deteksi kelelahan dapat menjadi literatur penulis dalam pengembangan model <i>visual fatigue</i> .

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
				tugas kognitif, model ini dapat mendeteksi peningkatan kelelahan pekerja penuh waktu setelah bekerja dengan akurasi 92,6%.	
19	(Ulinskas <i>et al.</i> , 2018)	<i>Recognition of human daytime fatigue using keystroke data</i>	Eksperimen (Office Ergonomics)	Fokus penelitian menganalisis penggunaan data <i>keystroke</i> pada <i>keyboard</i> komputer untuk mendeteksi kelelahan pekerja di siang hari. Hasil dari penelitian ini menghasilkan akurasi pengenalan kelelahan siang hari rata-rata 98,11% dengan kualitatif rendah, sedang dan tinggi.	Tidak ada relevansi yang signifikan dari penelitian ini terhadap penelitian yang dilakukan pada penulis, namun penelitian ini sama-sama menganalisis kelelahan yang dialami pekerja saat menggunakan komputer walaupun dengan piranti deteksi yang berbeda.

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
20	(Jabbar <i>et al.</i> , 2018)	<i>Real-time Driver Drowsiness Detection for Android Application Using Deep Neural Networks Techniques</i>	Eksperimen (CNN)	Fokus penelitian untuk mengembangkan sistem deteksi kondisi pengemudi yang mengantuk saat berkendara secara <i>real-time</i> menggunakan metode CNN yang tujuannya adalah untuk memperkecil model pada sistem. Sistem ini terhubung dengan perangkat android yang akan memberikan pesan ketika pengemudi mengantuk dengan mempelajari facial landmark pengemudi. Sistem yang dikembangkan dengan metode ini berhasil memiliki akurasi 80% dalam mengenali wajah pengemudi yang mengantuk.	Relevansi penelitian ini adalah bertujuan untuk mendeteksi kelelahan, namun pada kasus yang berada. Penggunaan metode CNN dapat menjadi literatur dalam pengembangan model <i>visual fatigue</i> yang penulis kerjakan.

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
21	(Zhao <i>et al.</i> , 2020)	Driver Fatigue Detection Based on Convolutional Neural Networks Using EM-CNN	Eksperimen (EM-CNN)	Pada penelitian ini dikembangkan sebuah <i>framework</i> pendeteksi kelelahan yang diberi nama EM-CNN. <i>Framework</i> yang ditawarkan pada penelitian ini dengan berfokus pada PERCLOS dan POM, dengan algoritma EM-CNN mengungguli metode CNN lainnya yaitu, AlexNet, VGG-16, GoogLeNet, dan ResNet50, yang menunjukkan tingkat akurasi dan sensitivitas masing-masing 93.623% dan 93.643%.	<i>Framework</i> EM-CNN yang dikembangkan pada penelitian ini dapat menjadi referensi penulis dalam pengembangan model <i>visual fatigue</i> yang menggunakan arsitektur CNN.
22	(Sinha, K. and Shrivastava,	Real Time Implementation for Monitoring Drowsiness	Eksperimen (EEG)	Untuk mendeteksi kelelahan, peneliti menggunakan <i>Electroencephalography</i>	Relevansi penelitian ini adalah sama-sama menggunakan EEG

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
	2016)	Condition of a Train Driver using Brain Wave Sensor		(EEG) sebagai alat <i>input</i> langsung untuk mendeteksi kelelahan. Berdasarkan pola gelombang otak hasil pengujian dan didukung <i>direct input</i> dari <i>brainwave device</i> dihasilkan sebuah alat yang mampu mendiagnosa kelelahan pengemudi yang memiliki performa cukup baik.	dalam mendeteksi kelelahan. Pengenalan pola gelombang otak untuk mendeteksi kelelahan dapat dijadikan acuan dalam pemilihan tipe gelombang otak yang mengidentifikasi seseorang mengalami kelelahan.
23	(Naz, Ziauddin and Shahid, 2019)	Driver Fatigue Detection using Mean Intensity, SVM, and SIFT	Eksperimen (Viola Jones Algoritma, Klasifikasi <i>Mean</i>	Untuk mendeteksi kelelahan penulis mengamati kondisi mata pengemudi menggunakan algoritma <i>Viola Jones</i> . Hasil dari pengamatan tersebut	Relevansi penelitian ini adalah menggunakan pengamatan pada mata untuk mendeteksi kelelahan secara umum. Algoritma yang

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
			<i>Intensity</i> , SVM, SIFT dan SIFT-K)	selanjutnya dilakukan klasifikasi terhadap kondisi kelelahan menggunakan 4 algoritma berbeda yaitu <i>Mean Intensity</i> , SVM, SIFT, dan SIFT-K. Berdasarkan penelitian tersebut, didapatkan fakta bahwa akurasi terbaik didapatkan oleh algoritma klasifikasi SIFT-K yang mencapai akurasi 97,45 persen dan diikuti SIFT 97,3.	digunakan dapat menjadi acuan penulis untuk pengembangan model <i>visual fatigue</i> .
24	(Dong <i>et al.</i> , 2019)	A WPCA-based method for detecting fatigue driving from EEG-based internet of vehicles system	Eksperimen (<i>Weighted Principal Component Analysis</i> (WPCA))	Sinyal EEG mengandung data spasial yang singkat, sehingga diperlukan metode untuk mengidentifikasi data yang penting saja sebelum dilakukan analisis. Pada penelitian ini digunakan metode <i>Weighted Principal Component</i>	Penggunaan EEG menjadi relevansi dari penelitian ini. Literatur terkait analisis kelelahan menggunakan EEG dapat menjadi literatur penulis dalam pengembangan deteksi

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
				<i>Analysis</i> (WPCA) untuk klasifikasi sinyal EEG. Penelitian ini, metode WPCA dapat secara efektif mengurangi dimensi fitur dari berbagai metode ekstraksi EEG, mempercepat penghitungan, dan mencapai akurasi klasifikasi yang lebih tinggi untuk mendeteksi kelelahan mengemudi.	<i>visual fatigue</i> berbasis EEG.
25	(Cai <i>et al.</i> , 2019)	Multiplex Limited Penetrable Horizontal Visibility Graph from EEG Signals for Driver Fatigue Detection.	Eksperimen <i>Multiplex Limited Penetrable Horizontal Visibility Graph (Multiplex LPHVG)</i>	Peneliti mengembangkan metode baru dengan nama <i>Multiplex Limited Penetrable Horizontal Visibility Graph (Multiplex LPHVG)</i> yang memungkinkan tidak hanya mendeteksi kelelahan mengemudi tetapi juga menyelidiki perilaku kelelahan otak dari	Penggunaan <i>Multiplex LPHVG</i> dapat digunakan literatur dalam pengolahan data EEG yang digunakan juga pada penelitian yang penulis kerjakan.

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
				sinyal <i>Electroencephalogram</i> (EEG). Hasil klasifikasi keadaan pengemudi yang akurat menunjukkan metode <i>Multiplex</i> LPHVG cukup efektif dalam mendeteksi kelelahan dari sinyal EEG.	
26	(Li <i>et al.</i> , 2017)	Automatic detection of driver fatigue using driving operation information for transportation safety	Eksperimen	Untuk mendeteksi kelelahan pengemudi penulis tidak hanya menggunakan <i>visual feature</i> dan berfokus pada mata, namun justru berfokus pada <i>steer wheel angle</i> /derajat setir (SWA) dan <i>yaw angle</i> /derajat putar (YA). Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dua fitur yang digunakan sebagai instrument deteksi kelelahan yaitu <i>steer wheel angle</i> dan <i>yaw angle</i> memiliki kemampuan	Pengamatan <i>visual feature</i> yang digunakan pada penelitian ini dapat menjadi literatur penulis dalam mengamati <i>visual fatigue</i> .

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
				yang cukup baik sebagai fitur/prediktor kelelahan bagi pelaku transportasi umum dan kendaraan roda 4 dengan akurasi mencapai 88,02 persen.	
27	(Chai <i>et al.</i> , 2017)	Improving EEG-based driver fatigue classification using sparse-deep belief networks	Eksperimen (<i>sparse</i> -DBN)	Penelitian ini menggunakan pemodelan <i>Autoregressive</i> (AR) sebagai algoritme ekstraksi fitur dan <i>Sparse Deep Belief Networks</i> (<i>sparse</i> -DBN) sebagai algoritme klasifikasi kelelahan. Hasil dari pengujian tersebut menunjukkan adanya peningkatan akurasi sebesar kurang lebih 4 persen dibandingkan dengan <i>Deep Belief System</i> dan terjadi peningkatan secara signifikan dibandingkan <i>Artificial Neural Network</i> .	Improvisasi pemodelan yang digunakan penelitian ini untuk klasifikasi kelelahan dapat menjadi literatur penulis dalam mengembangkan model deteksi <i>visual fatigue</i> menggunakan EEG.

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
28	(Yamada and Kobayashi, 2018)	Detecting mental fatigue from eye-tracking data gathered while watching video: Evaluation in younger and older adults	Eksperimen	Penelitian ini melakukan deteksi kelelahan mental dari data <i>eye tracking</i> ketika sedang menonton video. Pengembangan <i>multi feature eye</i> data <i>tiredness classifier</i> mampu membuat <i>classifier</i> yang lebih kuat dari <i>classifier</i> yang hanya <i>single feature classifier</i> . Pada jurnal ini terbukti bahwa pengembangan <i>classifier multi feature</i> (6 feature yaitu : pupil measures, oculomotor base metrics, saliency-base metric, eyes movement direction vs 1-2) membantu pengembangan <i>classifier</i> menjadi lebih baik.	Penggunaan <i>multi feature eye</i> data pada penelitian ini dapat digunakan model deteksi <i>visual fatigue</i> yang bertujuan untuk meningkatkan akurasi dari deteksi kelelahan secara umum.
29	(Han, Kim	Efficient Eye-Blinking	Eksperimen	Penulis menawarkan pendekatan <i>hybrid</i>	Deteksi <i>eye blinking</i>

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
	and Park, (2018)	Detection on Smartphones: A Hybrid Approach Based on Deep Learning	(SVM dan CNN)	dengan mengkombinasikan SVM (<i>Support Vector Machine</i>) dan CNN (<i>Convolutional Neural Network</i>) untuk deteksi kedipan mata. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, telah dibuktikan bahwa <i>hybrid approach</i> memiliki <i>outperforming</i> yang lebih baik dari model klasik yang sudah ada sebelumnya.	menggunakan kombinasi SVM dan CNN dapat menjadi literatur dai penelitian yang penulis kerjakan, karena <i>eye blinking</i> dan penerapan metode CNN merupakan aspek pendukung dalam deteksi <i>visual fatigue</i> .
30	(Gupta, Beckett and Klerman, 2017)	On-line EEG Denoising and Cleaning Using Correlated Sparse Signal Recovery and Active Learning	Eksperimen <i>Output based Active Selection</i> (OAS)	Untuk melakukan <i>denoising</i> dan <i>cleaning</i> data tersebut penulis menggunakan pendekatan <i>online recovery</i> dan <i>active learning</i> yang penulis sebut dengan nama <i>Output based Active Selection</i> (OAS).	Pendekatan yang digunakan dalam mengatasi noise data EEG menjadi literatur pentingnya penelitian ini dijadikan literatur pada penelitian yang penulis kerjakan.

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
				Berdasarkan pengujian yang dilakukan, semakin lama <i>classifier</i> bekerja maka model akan mampu mengeluarkan <i>output</i> EEG signal dengan tingkat <i>confidence</i> yang tinggi mencapai $t=8000s$ atau sekitar waktu 2,25 jam.	
31	(Mandal <i>et al.</i> , 2017)	Detection of Bus Driver Fatigue Based on Robust Visual Analysis of Eye State	Eksperimen (PERCLOS)	Fokus penelitian ini adalah pada pengembangan sistem untuk deteksi kelelahan pada pengemudi kendaraan besar dengan mengamati kepala sampai bahu, wajah, mata, estimasi keterbukaan mata, persentase estimasi penutupan kelopak mata (PERCLOS), dan mengklasifikasi tingkat kelelahan. Hasil penelitian menunjukkan sistem	Secara substansi penelitian ini memiliki relevansi dengan penelitian yang dikerjakan oleh penulis walaupun dalam kasus yang berbeda. PERCLOS merupakan salah satu komponen yang digunakan sebagai literatur dalam penelitian yang dikerjakan penulis.

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
				memiliki akurasi yang baik pada kondisi kendaraan yang bergetar dan pengendara tidak tepat menghadap kamera yang terpasang.	
32	(Junaedi and Akbar, 2018)	Driver Drowsiness Detection Based on Face Feature and PERCLOS	Eksperimen (PERCLOS)	Pada penelitian ini penulis menggunakan PERCLOS untuk deteksi kelelahan. PERCLOS sebagai metode untuk mendeteksi <i>drowsiness</i> atau mata ngantuk berperforma lebih bagus ketika menganalisa 2 mata sekaligus untuk analisa kelelahan secara <i>real time</i> .	Secara substansi penggunaan PERCLOS untuk mendeteksi ngantuk dapat menjadi literatur dalam penelitian yang dilakukan penulis, karena sama-sama menggunakan pendekatan PERCLOS untuk mendeteksi kelelahan.
33	(Liu <i>et al.</i> , 2018)	Driver Fatigue Detection Method	Eksperimen (Haar Cascade, ,	Peneliti berasumsi dengan memperkenalkan <i>Classification</i> dan	Pada dasarnya penelitian ini memiliki cukup relevansi dengan

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
		Based on Eye Multi-Feature Fusion	PERCLOS, CART)	<i>Regression Tree</i> (CART) dapat memperbaiki tingginya <i>false positive</i> yang ditemukan hanya menggunakan PERCLOS. Pada penelitian ini menggunakan 5 parameter yaitu <i>Maximum Closing Duration</i> (MCD), <i>Blink Frequency</i> (BF), <i>Average Opening Level</i> (AOL) and <i>Time Window Length Corresponding to a Certain value of Closure</i> (TWLCLOS). Pada penelitian ini dibuktikan pemodelan yang digunakan di paper ini memperbaiki performa system sampai dengan 12 persen dengan mengurangi <i>false alarm rate</i> sampai 8,3 persen setiap	penelitian yang penulis lakukan. Penggunaan parameter tambahan untuk mendeteksi <i>fatigue</i> menjadi literatur penulis dalam mengembangkan penelitian untuk mendapatkan akurasi yang lebih baik.

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
				periode <i>experiment</i> .	
34	(Vieira, Oliveira and Rodrigues, 2019)	ISVC - Digital Platform for Detection and Prevention of Computer Vision Syndrome	Eksperimen (<i>Machine Learning</i>)	Penelitian ini menjelaskan proses pengembangan dan evaluasi metode untuk mendeteksi dan mencegah terjadinya <i>Computer Vision Syndrome</i> (CVS). Berdasarkan hasil pengujian, model <i>machine learning</i> untuk deteksi kelelahan dapat dilakukan dengan perangkat yang minimal, yaitu hanya dengan built in camera pada laptop.	Penelitian ini merupakan salah satu pendukung yang paling penting sehingga penulis mengambil topik <i>visual fatigue</i> pada program disertasi. Pada masa pandemic saat ini CVS merupakan kasus yang akan lazim terjadi akibat terlalu lama bekerja di depan komputer, sehingga perlu dilaksanakan langkah preventif untuk mencegah CVS tersebut.
35	(Wang <i>et al.</i> ,	Study on Fatigue	Eksperimen	Pada penelitian ini dilakukan <i>eye</i>	PERCLOS masih menjadi

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
	2020)	Detection of Ship Operator Based on Eye Features	(<i>Geometric Eye Localization</i>)	<i>localization</i> sebelum melakukan deteksi kelelahan, dimana pada penelitian ini diharapkan PERCLOS model yang dikembangkan mampu meningkatkan akurasi dalam mendeteksi kelelahan mata awak kapal. <i>Geometrical</i> yang ditawarkan dapat membantu PERCLOS mencapai performa terbaiknya terbukti dengan peningkatan 10 persen dalam range tersebut.	literatur yang penulis ambil dari jurnal ini. Penerapan <i>eye localization</i> merupakan salah satu <i>feature</i> yang penulis gunakan dalam projek disertasi yang dikerjakan.
36	(Cheng <i>et al.</i> , 2020)	The Optimal Wavelet Basis for Electroencephalogram Denoising	Eksperimen (MI-EEG)	Pada penelitian ini untuk menghilangkan <i>noise</i> data yang direkam pada <i>Motor Imagery Electroencephalogram</i> (MI-EEG) digunakan metode <i>wavelet</i> . Pada	Secara substansi EEG merupakan salah satu komponen pendukung yang digunakan dalam mendeteksi <i>visual fatigue</i> . Selain itu <i>denoising</i> sinyal EEG

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
				<p>penelitian ini <i>Signal To Noise Ratio</i> (SNR) dan <i>Root Mean Squared Error</i> (RMSE) digunakan sebagai kriteria evaluasi efek <i>denoising</i> sinyal, dari hasil pengujian fungsi basis <i>wavelet bior</i> dan <i>rbio</i> lebih baik <i>dalam denoising</i>. Berdasarkan hasil komparasi berikut <i>rbio2.2</i> sebagai <i>transformer wavelet</i> yang terbaik yang dapat digunakan</p>	merupakan topik yang dibahas dalam penelitian yang akan dilaksanakan, sehingga literatur ini sangat membantu penulis dalam pengembangan metode <i>denoising</i> EEG.
37	(Zein, 2018)	Pendeteksian Kantuk Secara Real Time Menggunakan Pustaka OPENCV dan DLIB PYTHON	Eksperimen	<p>Penelitian ini membahas pengembangan sistem untuk deteksi kantuk secara <i>real time</i>. Dari hasil pengujian menunjukkan perolehan tingkat akurasi pendeteksian kantuk mencapai sebesar diatas 90%.</p>	Rasa kantuk merupakan salah satu kondisi yang menandakan seseorang mengalami <i>visual fatigue</i> , sehingga literatur yang terdapat pada penelitian ini akan sangat membantu penulis dalam

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
					pengembangan metode deteksi <i>visual fatigue</i> .
38	(Maslikah, Alfita and Ibadillah, 2020)	Sistem Deteksi Kantuk Pada Pengendara Roda Empat Menggunakan Eye Blink Detection	Eksperimen (<i>Haar Cascade Classifier</i>)	Penelitian ini fokus pada deteksi pengemudi sedang sadar, mengantuk atau tertidur menggunakan metode <i>Haar Cascade Classifier</i> menggunakan <i>Pi Camera</i> yang tersambung dengan <i>raspberry</i> . Dari hasil uji coba keseluruhan yang dilakukan diperoleh prosentase keberhasilan sebesar 90% dan tingkat error 10% pada siang hari dari 20 percobaan.	<i>Eye Blink Detection</i> merupakan salah satu komponen yang digunakan sebagai deteksi <i>visual fatigue</i> sehingga penelitian ini layak digunakan literatur pendukung untuk mendeteksi <i>visual fatigue</i> .
39	(Hartiansyah, 2019)	Deteksi Dan Identifikasi Kondisi Kantuk	Eksperimen (<i>Viola Jones</i>)	Penelitian ini menerapkan metode <i>Viola Jones</i> dan <i>circular hough transform</i>	Berfokus deteksi kantuk menyebabkan penelitian ini

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
		Pengendara Kendaraan Bermotor Menggunakan Eye Detection Analysis		untuk menentukan mata terbuka dan tertutup.	masih memiliki relevansi terhadap penelitian yang penulis kerjakan.
40	(Sajati, Kusumaningrum and Utomo, 2017)	Deteksi Kedipan Mata Pada Video Menggunakan OpenCV	Eksperimen (<i>Viola Jones, Haar Cascade Classifier</i>)	Penelitian ini berfokus pada penerapan gerakan objek yang ada pada wajah yaitu mata untuk dimasa depan digunakan sebagai sinyal untuk membuka aplikasi yang ada pada komputer. Berdasarkan hasil dari implementasi metode <i>Haar Cascade Classifier</i> ideal digunakan untuk deteksi kedipan mata secara <i>real time</i> dan hasil pengujian deteksi kedipan mata tersebut sistem berhasil mendeteksi atau	Relevansi penelitian ini dengan yang dilakukan oleh penulis adalah sama-sama mendeteksi kedipan mata. Kedipan mata merupakan salah satu komponen yang dapat menunjukkan seseorang sedang mengalami <i>visual fatigue</i> atau tidak.

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
				melingkari area mata.	
41	2020	Putra, R. A. and Hermawati, F. A. Sistem Deteksi Kelelahan Pengemudi Berdasarkan Pengukuran Kedipan Mata	Eksperimen (<i>Viola Jones, Cascade, CART</i>)	Penelitian ini mengajukan sebuah sistem deteksi kelelahan pengemudi berbasis video berdasarkan pada pengukuran kedipan mata (<i>eye blinking detection</i>). Dari hasil pengujian penelitian ini menunjukkan wilayah mata dapat terdeteksi dengan cukup baik dengan akurasi rata-rata dari hasil deteksi kedipan mata yaitu kondisi mata tertutup atau terbuka adalah sebesar 98.73%.	Secara substansi kasus yang diambil pada penelitian ini berbeda dengan yang penulis kerjakan, namun <i>eye blinking detection</i> dapat dijadikan literatur pada penelitian yang penulis kerjakan.
42	2016	Ekayama, R., Djamal, Esmeralda, C. and	Eksperimen (<i>Wavelet</i> dan	Pada penelitian ini dibangun sistem identifikasi kondisi rileks berdasarkan	Relevansi dari penelitian ini dengan penelitian yang penulis

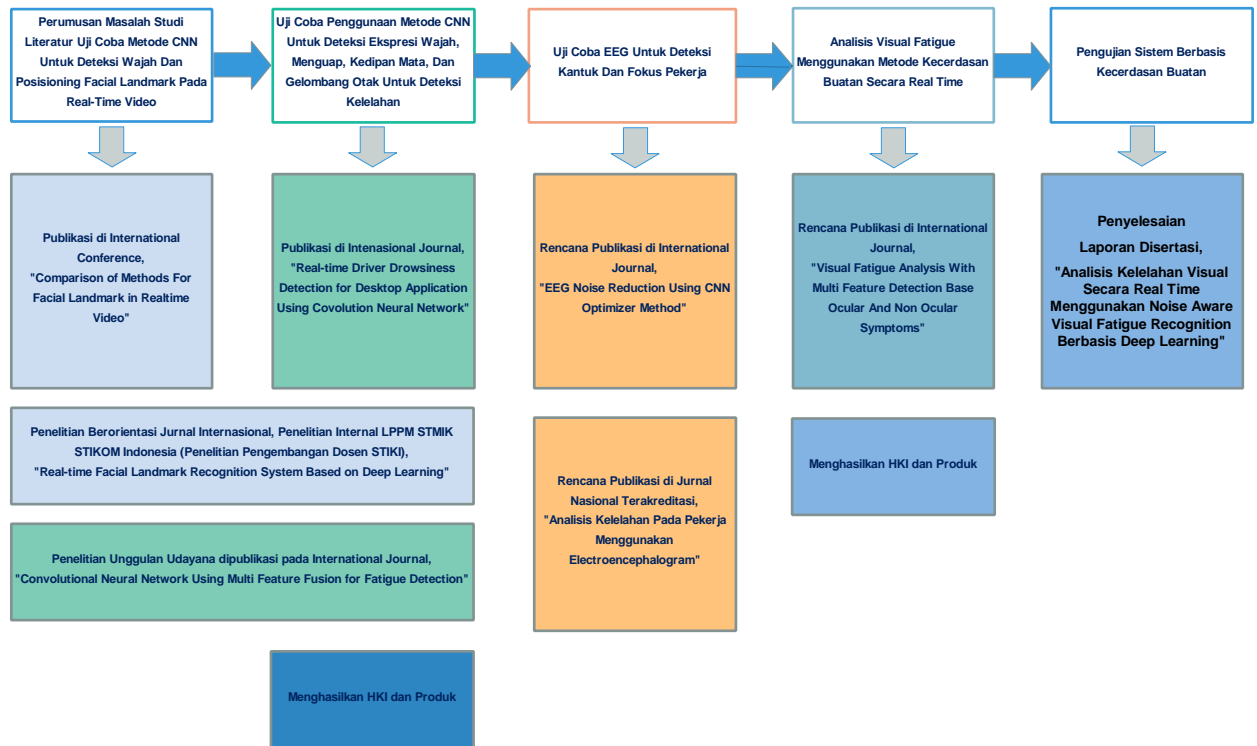
No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
		Komarudin, A. Identifikasi Kondisi Rileks dari Sinyal Eeg Menggunakan Wavelet dan Learning Vector Quantization	LVQ)	sinyal EEG menggunakan <i>Wavelet</i> untuk mengekstraksi sinyal dari pengaruh <i>noise</i> dan <i>Learning Vector Quantization</i> (LVQ) untuk melakukan identifikasi. Pengujian menggunakan lima naracoba terhadap data baru didapatkan akurasi sebesar 63% dan terhadap data latih sebesar 85%.	kerjakan adalah penggunaan EEG dan cara pembacaan EEG yang dapat digunakan sebagai literatur dalam penelitian yang penulis kerjakan.
43	2014	Setiawan, W. and Ratnasari, S. Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Mata Menggunakan Naive Bayes Classifier	Eksperimen (<i>NaïveBayes Classifier</i>)	Penelitian ini membahas tentang aplikasi sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit mata menggunakan <i>NaïveBayes Classifier</i> . Dari hasil percobaan, prosentase kesesuaian diagnosis sebesar 83%.	Relevansi penelitian ini dengan penelitian yang penulis lakukan adalah sama-sama mendeteksi mata. Langkah-langkah yang digunakan untuk mendeteksi bagian pada mata dapat digunakan literatur dalam

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
					penelitian yang penulis kerjakan.
44	2018	Buana, I. K. S. Aplikasi untuk pengoperasian komputer dengan mendeteksi gerakan menggunakan openCV Python	Eksperimen	Penelitian ini fokus pada <i>Human Computer Interaction</i> (HCI). Dimana peneliti menyediakan alternatif bagi difabel untuk menggerakkan komputer yaitu melalui gerakan kepala dan mata.	Penggunaan komputer merupakan relevansi yang tertuang dalam penelitian ini dengan penelitian yang penulis kerjakan. Pengetahuan terkait HCI tentunya akan sangat menunjang literatur terkait penelitian yang penulis kerjakan.
45	2019	Charimmah, N. et al. Deteksi Kantuk Melalui Citra Wajah Menggunakan Metode Gray Level Co-	Eksperimen (<i>Viola Jones</i> dan GLMC)	Penelitian ini berfokus untuk mengatasi kecelakaan pengemudi karena kelelahan. Untuk mendeteksi kelelahan digunakan pendekatan menggunakan <i>Viola-Jones</i> dan <i>Gray Level Co-</i>	Relevansi penelitian ini dengan penelitian yang penulis kerjakan adalah deteksi bagian dari wajah yang dideteksi juga untuk kasus <i>visual fatigue</i> . Dengan

No	Penulis Dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus dan Hasil Penelitian	Relevansi Terhadap Penelitian Yang Dilakukan
		occurrence Matrix (GLCM) dan Klasifikasi Support Vector Machine (SVM)		<i>occurrence Matrix</i> (GLCM) untuk menganalisis <i>face detection</i> , <i>eye detection</i> , dan <i>mouth detection</i> .	mengadopsi beberapa pendekatan yang digunakan pada <i>face detection</i> , <i>eye detection</i> , dan <i>mouth detection</i> , penulis dapat melakukan improvisasi untuk peningkatan akurasi deteksi objek pada wajah.

2.2 Road Map Penelitian

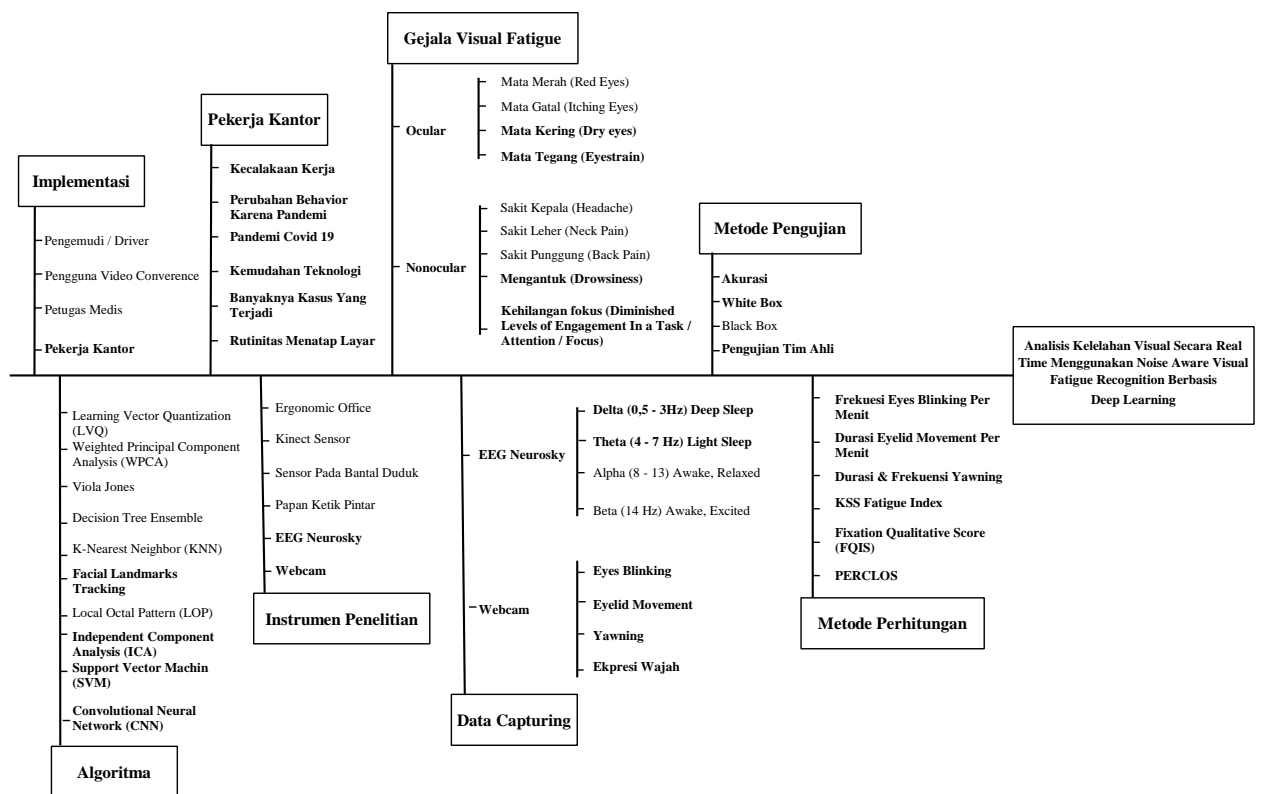
Peta jalan (*roadmap*) penelitian dari usulan penelitian ini dijelaskan pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1. *Roadmap* Penelitian

2.3 Fishbone Penelitian

Kerangka pemaparan landasan berpikir yang dilakukan dalam penelitian ini secara ringkas untuk menggali kajian-kajian utama dari berbagai literatur dan dirangkum dalam diagram yang dijelaskan dalam diagram fishbone pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2. *Fishbone* Penelitian

2.4 Kelelahan

Kelelahan dapat diartikan dengan kondisi menurunnya efisiensi, performa kerja, dan berkurangnya kekuatan atau ketahanan fisik tubuh untuk terus melanjutkan kegiatan yang harus dilakukan. Perasaan lelah tidak hanya dirasakan pada saat selesai bekerja, tetapi juga saat sedang bekerja, bahkan terkadang sebelum bekerja. Kelelahan yang terjadi secara terus-menerus berakibat kepada kelelahan kronis. Kelelahan merupakan komponen kelelahan fisik dan psikis. Kelelahan secara umum adalah keadaan tenaga kerja yang ditandai oleh adanya perasaan kelelahan dan penurunan kesigapan kerja, bersifat kronis serta merupakan suatu fenomena psikososial. Kelelahan kerja dapat menyebabkan menurunkan kinerja

yang dapat berakibat pada menurunnya produktivitas kerja, ke tidak hadiran, keluar kerja, kecelakaan kerja dan berpengaruh perilaku kerja (Nurmianto, 2003).



Gambar 2.3 Kelelahan Pekerja

Kelelahan adalah suatu bentuk mekanisme perlindungan tubuh agar tubuh terhindar dari kerusakan yang lebih lanjut sehingga dapat terjadi pemulihan setelah melakukan istirahat (Tarwaka B and Sudiajeng, 2004). Kelelahan kerja juga merupakan kriteria yang kompleks yang tidak hanya menyangkut pada kelelahan fisiologis dan psikologis. Tetapi dominan hubungannya dengan penurunan kinerja fisik, dan juga adanya perasaan lelah, serta penurunan motivasi, selain itu juga terjadi penurunan produktivitas kerja (Zaeni, Supriyanto and Ginanjar, 2019). Kelelahan kerja termasuk suatu kelompok gejala yang berhubungan dengan adanya penurunan efisiensi kerja, keterampilan serta peningkatan kecemasan atau kebosanan. Kelelahan kerja ditandai oleh adanya perasaan lelah, output menurun, dan kondisi fisiologis yang dihasilkan dari aktivitas yang berlebihan. Kelelahan akibat kerja juga sering kali diartikan sebagai menurunnya performa kerja dan berkurangnya kekuatan atau ketahanan fisik tubuh untuk terus melanjutkan yang harus dilakukan (Budiman, Husaini and Arifin, 2017).

2.5 Kelelahan Visual

Kelelahan visual (*Visual Fatigue*) adalah salah satu indikasi yang kerap ditemui karena interaksi mata secara terus menerus dengan layar komputer. Pemakaian komputer dalam jangka waktu yang lama membuat mata letih serta kering karena mata terus digunakan buat memandang layar monitor. Untuk menghindari kelelahan visual dibutuhkan memperhatikan ergonomik dalam memakai komputer, baik berupa pengaturan jarak mata dengan layar monitor, pencahayaan ruangan dan posisi monitor terhadap mata supaya pekerja memperoleh kenyamanan (*visual comfort*) dalam melaksanakan pekerjaan dengan selalu menatap layar monitor (Putri and Mulyono, 2018).



Gambar 2.4 Kelelahan

Kelelahan visual dalam ilmu medis merupakan indikasi yang disebabkan oleh kerja berlebih dari sistem penglihatan yang berada dalam keadaan kurang sempurna untuk mendapatkan ketajaman penglihatan. Sebaliknya menurut salah satu peneliti kelelahan visual merupakan sesuatu keadaan subjektif yang diakibatkan oleh kinerja otot mata yang berlebihan (Naqiyah *et al.*, 2017). Mata

lelah, tegang ataupun pegal merupakan kendala yang dirasakan mata sebab otot mata bekerja keras memandang objek dekat dalam jangka waktu lama, selain itu kelelahan mata timbul sebagai stress intensif pada fungsi-fungsi mata seperti terhadap otot-otot akomodasi pada pekerjaan yang perlu pengamatan secara teliti atau terhadap retina sebagai akibat ketidak tepatan kontras (Yamada and Kobayashi, 2018).

2.6 Penyebab Kelelahan Visual

Kelelahan visual bisa diakibatkan dari beberapa aspek yang berhubungan dengan metode seseorang dalam bekerja. Beberapa aspek yang mempengaruhi terjadinya kelelahan visual adalah istirahat mata serta durasi kerja. Dampak negatifnya dari durasi kerja yang lama adalah semakin lama seseorang bekerja maka akan menimbulkan kelelahan dan kebosanan dalam bekerja. Selain itu semakin lama seseorang bekerja maka akan semakin banyak kesempatannya untuk terpapar bahaya yang berasal dari lingkungan kerjanya (Budiono, Jusuf and Pusparini, 2016). Faktor lain yang dapat menimbulkan kelelahan visual adalah kurangnya istirahat saat bekerja, terdapat tiga jenis istirahat bagi pekerja pengguna komputer untuk mengurangi terjadinya kelelahan visual:

- 1 *Micro break* yaitu mengistirahatkan mata selama 10 detik setiap 10 menit bekerja, dengan cara melihat jauh (minimal 6 meter) diikuti dengan mengedipkan mata secara relaks.
- 2 *Mini break* yaitu mengistirahatkan mata setiap setengah jam selama 5 menit dengan cara berdiri dan melakukan peregangan tubuh. Selain itu, lakukan juga melihat jauh dengan objek yang berbeda-beda.

3 *Maxi break* yaitu mengistirahatkan mata dengan melakukan kegiatan seperti jalan-jalan, bangun dari tempat kerja, minum kopi atau teh dan makan siang.

Mengistirahatkan mata dalam waktu yang singkat dan cukup sering adalah cara yang lebih efektif untuk menjaga kesehatan mata dibandingkan mengistirahatkan mata dalam waktu yang lama tapi jarang. Secara ilmu kedokteran, mengistirahatkan mata sejenak akan memberikan kesempatan otot mata untuk beristirahat sehingga menimbulkan perubahan fokus pada mata. Relaksasi maupun melakukan istirahat mata selama beberapa menit setiap 30 menit menatap layar komputer akan membuat mata tetap basah. Secara umum, waktu kerja yang panjang dalam menatap layar monitor akan menyebabkan penurunan produktifitas pekerja dan cenderung akan menimbulkan keluhan pada mata, penyakit dan kecelakaan kerja.

2.8 Gejala Kelelahan Visual

Kelelahan visual yang terjadi pada pekerja yang selalu menatap layar monitor dapat diamati dari beberapa gejala. Gejala yang dimaksud dalam tersebut dapat berupa gejala yang langsung terlihat dengan mata secara langsung (okular) dan gejala yang tidak dapat diamati secara langsung (non-okular). Adapun beberapa gejala yang dapat mengidentifikasi pekerja tersebut mengalami kelelahan visual berdasarkan gejala okular adalah sebagai berikut (Vieira, Oliveira and Rodrigues, 2019):

1. Mata merah (*red eyes*)
2. Mata gatal (*itching eyes*)
3. Mata kering (*dry eyes*)
4. Mata tegang (*eyestrain*)

Sedangkan gejala kelelahan visual yang tidak dapat diamati secara langsung atau non-okular adalah berikut (Vieira, Oliveira and Rodrigues, 2019):

1. Sakit kepala (headache)
2. Sakit leher (neck pain)
3. Sakit punggung (back pain)
4. Mengantuk (drowsiness)
5. Kehilangan fokus (*diminished levels of engagement in a task / attention / focus*)

Semua gejala-gejala tersebut merupakan indikator yang dapat diamati untuk melihat seorang pekerja sedang mengalami kelelahan visual atau tidak, dan dalam penerapan teknologi informasi gejala tersebut sudah dapat diamati menggunakan kamera video dan alat perekam gelombang otak.

2.9 Pengukuran Kelelahan Visual

Berdasarkan gejala yang dapat diamati terkait terjadinya kelelahan visual, pengukuran seorang pekerja mengalami kelelahan visual atau tidak dapat diukur atau diamati dari sisi okular (diamati langsung dari mata) dan non-okular (yang tidak dapat diamati secara langsung dari mata). Untuk gejala yang dapat diamati secara langsung melalui mata, *webcam* dapat digunakan sebagai pengamatan langsung apakah seseorang tersebut mengalami kelelahan visual atau tidak, sedangkan untuk mengamati gejala non-okular dapat diamati dari gelombang otak menggunakan *Electroencephalography* (EEG).

2.9.1 Pengukuran Secara Okular

Kelelahan visual (*visual fatigue*) adalah efek samping yang ditimbulkan dari aktifitas industri digital yang dewasa ini perkembangannya sangat pesat. Kelelahan visual saat ini telah menjadi sebuah isu *medical* dan permasalahan di bidang *Human Computer Interaction* (HCI) yang telah lama mendapat perhatian. Studi mengenai *visual fatigue* sangatlah populer di kalangan spesialis mata dengan pendekatan medis yang terkenal adalah *flickering-fusion method* (Murata and Araki, 1996). Namun, seiring bertambahnya *digital device* dan *computing power* di akhir abad ke 19 dan di awal tahun 2000an. PERCLOS mulai diperkenalkan untuk perhitungan *self-assessment* dari *visual fatigue* (Grace *et al.*, 1998; Shahid A., Wilkinson K., Marcu S., 2011; Johns, 1994). Populernya penelitian ini tentu tidak lepas dari semakin luasnya penggunaan komputer sebagai *accident prevention system* pada industri transportasi mengingat menurut penelitian beberapa lembaga kelelahan adalah faktor terbesar terjadinya *accident* di industri ini (Sullivan, 2008). Penelitian *computer fatigue prevention system* sampai saat ini masih terus berkembang menggunakan *neural network* dan memanfaatkan visual pada wajah manusia untuk mendeteksi *drowsiness* (Park S., Pan F., Kang S., 2017), mendeteksi perilaku *yawning* yang kerap menjadi penanda *visual fatigue* (Tayyaba, Arfan Jaffar and Mirza, 2010) dan penelitian terkait mengevaluasi model populer seperti *visual fatigue recognition* berbasis PERCLOS (Golz *et al.*, 2010), serta deteksi *visual fatigue* sistem berbasis KSS (Wang and Xu, 2016) ataupun *framework* populer lainnya. Banyaknya peneliti yang melakukan eksperimen pada domain ini membuat beberapa peneliti untuk mereview beberapa visual kasus populer yang digunakan

untuk mendeteksi *visual fatigue*, pada penelitian tersebut dijelaskan bahwa metode deteksi *visual fatigue* yang paling ideal digunakan secara universal adalah deteksi *visual fatigue* yang berfokus pada *blinking* yang dapat digolongkan beberapa komponen penting diantaranya adalah perhitungan *blinking rate per minute* yang dipadankan dengan normal *blinking rate* sesuai referensi medis, dimana berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan terdapat fakta rata-rata *blinking rate* manusia pada situasi biasa adalah 20 blink per detik (Bentivoglio *et al.*, 1997; Sikander and Anwar, 2019). Penelitian tersebut juga berhubungan erat dengan penelitian terdahulu didapatkan data bahwa akan terjadi peningkatan sebesar 30% dari normal *blinking rate* ketika mata mengalami kelelahan dan mengalami penurunan ketika mengalami kantuk (*drowsiness*). Adapun formula yang paling populer digunakan untuk menghitung *blink rate* tersebut adalah PERCLOS dengan persamaan sebagai berikut (Junaedi and Akbar, 2018):

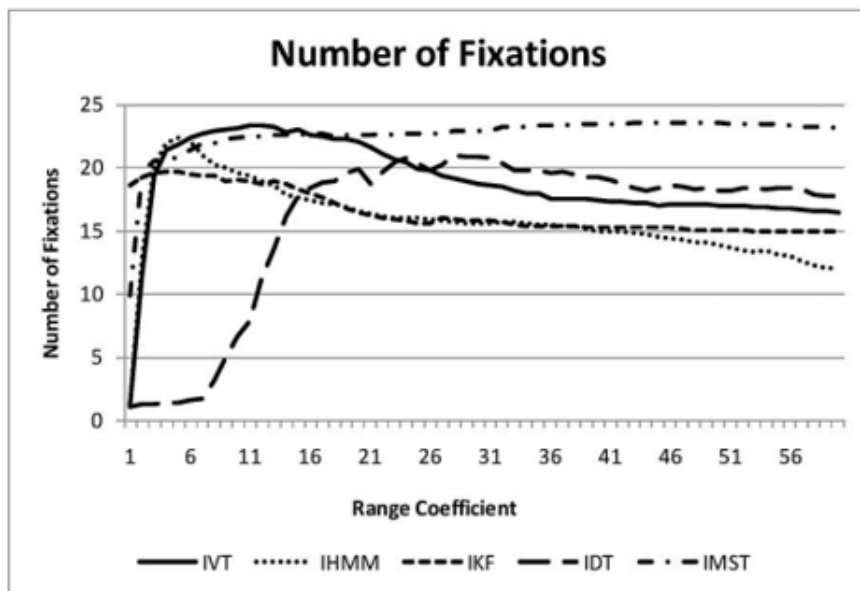
$$PERCLOS (\%) = \frac{\text{The sum of frame when eye is closed}}{\text{Interval of frame}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

Selain *blinking rate* salah satu gejala populer yang digunakan untuk mengasosiakan kelelahan adalah *eyelid movement*. Dimana dalam beberapa penelitian sebelumnya menunjukan gejala ini adalah prediktor yang baik untuk gejala kelelahan untuk berbagai kategori usia (Zargari Marandi *et al.*, 2018). Penelitian dengan menggunakan parameter ini juga telah dilakukan sebelumnya dengan mengambil kasus *driver fatigue* yang hasilnya cukup dapat mendeteksi kelelahan seorang driver (Xu, Min and Hu, 2018), penelitian terkait domain tersebut juga telah dianalisis dalam sebuah penelitian dengan menghasilkan hasil yang masih inkonklusif dan memberikan banyak celah untuk diteliti kembali dalam

kesempatan dan setting eksperimen yang lain (Renata *et al.*, 2018). Pada umumnya gerakan mata dapat diformulakan dalam sebuah persamaan yang disebut *Fixation Qualitative Score* (FQIS) yang mengindikasikan akurasi spasial pada sebuah titik fiksasi dengan dibandingkan dengan sebuah stimulus (Komogortsev and Abdulin, 2015).

$$FQIS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N fixation_distance_i \dots \dots \dots (2.2)$$

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan sebelumnya terdapat hubungan antara penambahan nilai FQIS dengan kelelahan mata, dimana titik fiksasi mata yang mengalami kelelahan akan berdampak lumayan jauh dengan fiksasi mata normal seperti digambarkan pada diagram berikut yang range berupa *Velocity Threshold Identification* (I-VT), *Dispersion Threshold Identification* (I-DT), *Minimum Spanning Tree Identification* (MST), dan *Hidden Markov Model Identification* (I-HMM) (Komogortsev and Gowda, 2010).



Gambar XX. Nilai Fixations

Banyaknya studi yang melakukan *tracking* dan evaluasi dalam berbagai masalah *visual fatigue* cukup memvalidasi bahwa teknologi pendukung pada *visual fatigue* belum sempurna dan masih bisa dikembangkan pada penelitian di masa depan.

2.9.2 Pengukuran Secara Non-Okular

Pada implementasinya pengukuran kelelahan pada mata dapat juga diamati berdasarkan gejala non-okular atau gejala yang tidak ditangkap langsung dari mata seseorang, terdapat dua variabel yang dapat digunakan sebagai parameter penelitian yaitu dari rekaman gelombang otak menggunakan EEG dan kondisi objek lain di sekitar wajah yaitu menguap (*yawning*).

A. Gelombang Otak

Salah satu alat yang dapat digunakan untuk mendeteksi kelelahan adalah perangkat *Electroencephalography* (EEG), penelitian menggunakan EEG sebenarnya mulai populer di era setelah perang dunia kedua dimana saat itu mulai ditemukan indikasi bahwa otak manusia mengeluarkan impuls elektrik kecil yang pada akhirnya bisa ditangkap dan dibaca untuk menandakan gejala biologis tertentu (rasa kantuk maupun lelah) maupun aktifitas biologis seperti pergerakan otot (*muscle movement*) dan pergerakan bola mata. Domain deteksi kelelahan menggunakan EEG sering digunakan pada penelitian bidang transportasi dimana EEG sebagai sebuah perangkat digunakan untuk membaca gelombang otak manusia, mempelajarinya dan menarik kesimpulan tertentu (M Gash DKK (Measure learning effectiveness among children using EEG device and mobile application) maupun membuat piranti keselamatan khususnya di bidang

transportasi (Mr Riser Driving simulation with EEG monitoring in normal and obstructive sleep apnea patients).

EEG umumnya dipadankan dengan skala kelelahan *Karolinska Sleepiness Scale* (KSS) yang dimana di beberapa penelitian data yang dihasilkan menunjukan korelasi yang cukup signifikan dan lumayan *replicable* untuk dijadikan acuan (Kaida *et al.*, 2006). Pada penelitian lainnya digunakan juga persamaan lain untuk menentukan tingkat kelelahan menggunakan EEG (Jing *et al.*, 2020), namun persamaan yang lebih universal terkait perhitungan skala EEG untuk menentukan kelelahan dikemukakan pada penelitian lainnya dengan persamaan KSS-EEG *Fatigue Index* sebagai berikut (Chen *et al.*, 2017).

$$Faigue = \frac{Sum_Alpha + Sum_Theta}{Sum_Beta} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan nilai terbesar KSS-EEG *Fatigue Index* adalah 1,00 dan terendah adalah 0,00, dimana tiap komponen didapatkan dari persamaan berikut:

$$Sum_Alpha = \sum_{k=1}^N (LowAlpha[k] + HighAlpha[k]) \dots \dots \dots (2.4)$$

$$Sum_Theta = \sum_{k=1}^N (Theta[k])$$

$$Sum_Beta = \sum_{k=1}^N (LowBeta[k] + HighBeta[k])$$

Namun terdapat sebuah gap dalam studi yang berbasiskan EEG, kebanyakan memiliki kelemahan fundamental yang sama seperti yang diakui oleh penelitian sebelumnya yaitu sedikitnya sampel yang digunakan dan adanya noise data perekaman EEG (Jung, Cho and Kang, 2020; Chen *et al.*, 2017).

Dalam ranah pengukuran non-okular pemakaian EEG dapat dikatakan lebih tidak bias dari gejala lainnya karena sifatnya yang sangat elektronis yang mendapat keuntungannya sendiri karena bisa menjadi sebuah pertanda yang lebih pakem dibanding pengamatan lainnya dalam hal deteksi gelombang otak manusia. *Independent Component Analysis* (ICA) adalah suatu teknik komputasi untuk memisahkan informasi menjadi komponen-komponen informasi yang independent dimana masing-masing komponen nantinya akan digolongkan menjadi 2 kelompok besar yaitu noise dan data. ICA bekerja dengan prinsip sederhana dengan mengambil asumsi jika signal atau data akan terlihat sebagai suatu sebaran non Gaussian dan noise pada umumnya akan nampak sebagai sebaran Gaussian. Metode ini pada umumnya lazim digunakan di pembersihan signal pada suatu perangkat EEG yang dimana sinyalnya mempunyai banyak komponen dan pada umumnya harus dipisahkan guna mendapatkan pembelajaran yang lebih akurat dari data tersebut. Beberapa komponen yang umumnya diklasifikasi oleh ICA pada EEG antara lain:

1. Komponen pergerakan otot mata
2. Kedipan mata

Metode ini Pada dasarnya merupakan sebuah metode *denoising* yang lazim digunakan pada penelitian komputasi berbasis EEG di dekade belakangan ini (Maddirala and Shaik, 2018).

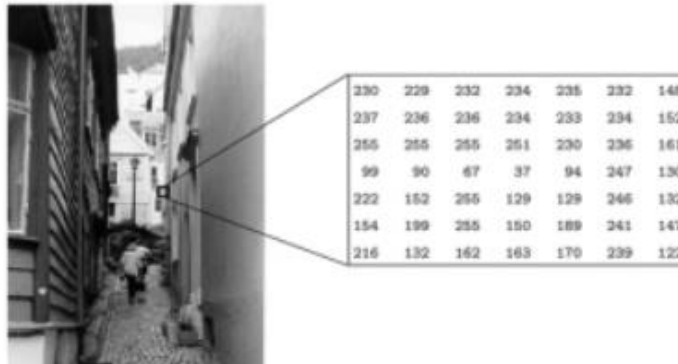
B. Yawning

Salah satu parameter lainnya yang umum digunakan untuk deteksi kelelahan secara non-ocular adalah ada atau tidaknya perilaku menguap pada

subject penelitian. Gejala menguap atau singkatnya disebut *yawning* adalah sebuah gejala umum yang sudah dianalisis secara klinis sebagai salah satu gejala kelelahan. Hipotesis ini sudah pernah dikemukakan pada penelitian medis dengan pernyataan adanya hubungan fenomena *yawning* dengan meningkatnya hormon *cortisol* dan akan berkorelasi pada fenomena kelelahan (Thompson, 2014). *Yawning* sebenarnya sudah digunakan sebagai salah satu indikasi deteksi kelelahan dengan melihat durasi menguap subjek penelitian seperti pada penelitian yang berjudul *Assessment of Driver Mental Fatigue Using Facial Landmarks*, dimana penelitian ini menggunakan parameter *yawning* sebagai pendeteksi kelelahan (Cheng *et al.*, 2019). Penelitian terbaru juga menunjukkan parameter ini merupakan, parameter yang dapat digunakan sebagai penunjang untuk meningkatkan akurasi sistem cerdas dengan penerapan *deep learning* (Liu *et al.*, 2021).

2.10 Citra Digital

Pengolahan citra adalah pemrosesan citra khususnya dengan menggunakan komputer agar mudah diinterpretasikan oleh manusia atau mesin, dimana pengolahan citra diterapkan biasanya untuk perbaikan atau modifikasi citra, penggabungan citra dengan citra lainnya, bisa juga digunakan jika suatu citra perlu dikelompokkan, kecocokan atau diukur dan masih banyak lagi (Udayana and Nugraha, 2020).



Gambar 2.5 Pixel Citra

Salah satu teknik pengolahan citra yang digunakan untuk membuat nilai-nilai pixel yang terdapat dalam citra hanya memiliki 2 nilai, hitam atau putih. Nilai ini berasal dari pengembangan dengan nilai aras keabuan tertentu. Dengan teknik binerisasi ini, citra dapat lebih mudah untuk diproses dengan metode-metode yang lain.

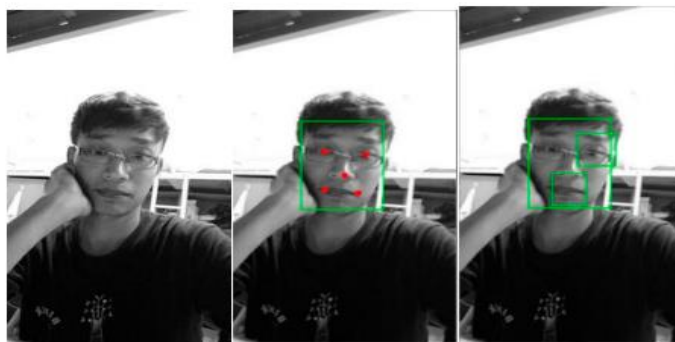
2.11 Pengenalan Pola

Pengenalan pola adalah mengelompokkan data numerik dan simbolik secara otomatis oleh mesin /komputer (Eka Putra, 2016). Tujuan pengelompokan adalah untuk mengenali suatu objek di dalam citra. Manusia bisa mengenali objek yang dilihatnya karena otak manusia telah belajar mengklasifikasi objek-objek di alam sehingga mampu membedakan suatu objek dengan objek lainnya. Kemampuan sistem visual manusia dicoba ditiru oleh mesin. Komputer menerima masukan berupa citra objek yang diidentifikasi, memproses citra tersebut dan memberikan keluaran berupa citra objek yang akan diidentifikasi, memproses citra tersebut dan memberikan keluaran berupa informasi/deskripsi objek di dalam citra. Contoh pengenalan pola misalnya citra pada gambar 1 dan 2 adalah citra mata yang

digunakan sebagai masukan untuk mengenali mata. Dengan menggunakan suatu algoritma pengenalan pola, diharapkan komputer dapat mengenali bahwa citra tersebut adalah mata dalam kondisi mengantuk atau tidak.

2.12 Pengenalan Wajah

Wajah merupakan bagian depan dari kepala manusia yang meliputi rambut, dahi, alis, mata, hidung, pipi, mulut, bibir, gigi, kulit, dan dagu (Anggraini, Rozy and Lazuardy, 2017). Elemen itulah yang membuat perbedaan antara wajah satu sama lain. Selain elemen fisik ada faktor lain yang mempengaruhi wajah, yaitu: saraf dan pembuluh darah, trauma fisik akibat hasil operasi, ekspresi, air mata dan keringat, nyeri dan kelelahan, jenis kelamin, ras, dan pertumbuhan usia. Pengenalan wajah adalah salah satu metode yang berorientasi pada pengambilan semua informasi yang dimiliki oleh wajah.



Gambar 2.6 Pengenalan Wajah

Proses pengenalan wajah seperti menentukan apakah gambar yang dicocokkan sesuai atau tidak setelah dibandingkan dengan pola sebelumnya yang disimpan dalam database. Metode ini juga harus bisa mengenali objek, bukan hanya sekedar wajah. Ada beberapa masalah model perhitungan pengenalan wajah.

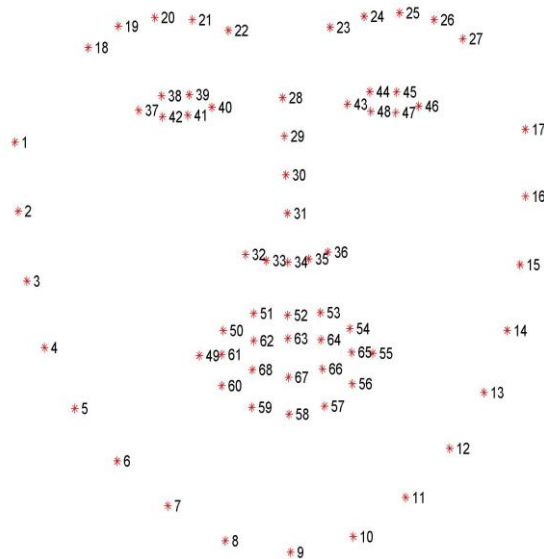
Kesulitan muncul ketika wajah direpresentasikan dalam pola yang berisi informasi unik yang membedakan wajah lain. Menurut Gu et al. (2002) , pengenalan wajah secara umum dilakukan dalam 3 tahap yaitu :

1. Deteksi Wajah
2. Ekstraksi Informasi Ekspresi Wajah
3. Klasifikasi Ekspresi

Di balik kemudahan mengenali wajah, ada beberapa masalah dan kesalahan yang muncul dalam proses pengenalan wajah, yaitu: perubahan skala, perubahan posisi, perubahan paparan, hingga perubahan detail dan ekspresi wajah.

2.12 Pengenalan Landmarks Wajah

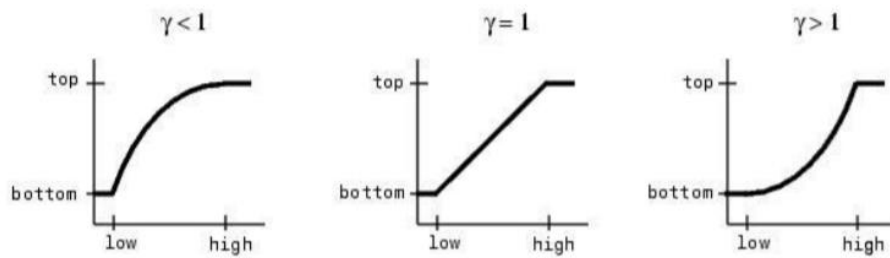
Pengenalan *Landmarks* Wajah (*Facial Landmark Detection*) adalah salah satu contoh keluaran terstruktur yang bertujuan untuk memprediksi bentuk geometri yang diperoleh dari sebuah data berupa citra wajah (Jabbar *et al.*, 2018). *Facial Landmarks* adalah satu set poin penting yang ada pada citra wajah manusia. Jumlah *landmark* bergantung pada dataset atau aplikasi yang digunakan. Salah satu model *facial landmarks* yaitu 68 *landmarks* ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.7 Penanda Koordinat Bentuk Wajah

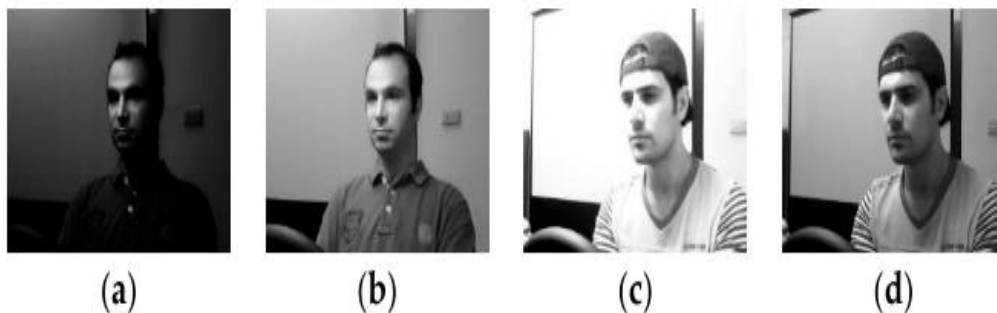
2.14 Koreksi Gamma

Koreksi gamma merupakan faktor keteduhan yang mempengaruhi pemetaan antara nilai intensitas (tingkat keabuan) citra masukan dan keluaran sehingga pemetaan bisa tak-linier (Ibrahim, Hidayatno and Isnanto, 2011). Sebagai contoh nilai dari intensitas masukan minimum sampai intensitas masukan maksimum dapat dipetakan ke dalam nilai dari intensitas keluaran minimum sampai intensitas keluaran maksimum. Gamma memiliki nilai lebih besar dari 0. Jika gamma sama dengan satu, maka permatanya linier. Jika gamma kurang dari 1, pemetaannya cenderung menuju nilai keluaran yang lebih tinggi (terang). Jika gamma lebih besar dari pada 1, pemetaannya cenderung menuju nilai keluaran yang lebih rendah (lebih gelap). Gambar 2.7 menunjukkan pemetaan intensitas dengan gamma yang berbeda.



Gambar 2.8 Pemetaan Intensitas Dengan Gamma Yang Berbeda

Pada Gambar 2.7 sumbu horisontal (dari rendah (*low*) sampai tinggi (*high*)) menunjukkan tingkat keabuan citra masukan dari yang paling rendah sampai yang paling tinggi. Sedangkan sumbu vertikal (dari bawah (*bottom*) sampai atas (*top*)) menunjukkan tingkat keabuan citra keluaran dari yang paling rendah sampai yang paling tinggi.



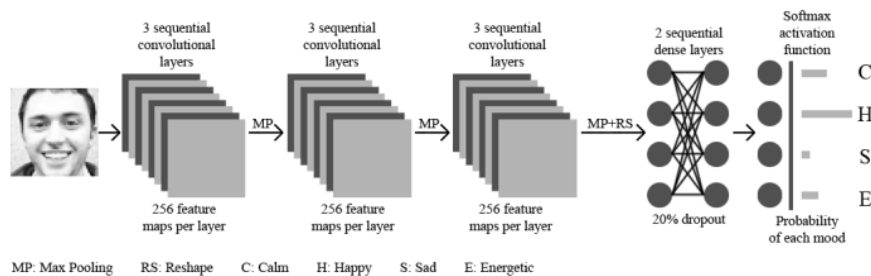
Gambar 2.9 Hasil Koreksi Gamma

Seperti terlihat pada gambar 2.8 kode gambar (a) adalah gambar yang kurang terang, kode gambar (b) adalah gambar *underexposed* setelah koreksi gamma, kode gambar (c) adalah gambar terlalu terang, dan kode gambar (d) adalah gambar *overexposed* setelah koreksi gamma. Gamma merupakan kondisi yang memiliki nilai lebih besar dari nol. Jika gamma sama dengan satu, maka permatanya linier. Jika gamma kurang dari satu, pemetaannya cenderung menuju nilai keluaran

yang lebih tinggi (terang). Jika gamma lebih besar dari pada satu, pemetaannya cenderung menuju nilai keluaran yang lebih rendah (lebih gelap).

2.15 Convolution Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan metode yang diturunkan dari pengembangan dari *Multilayer Perceptron* (MLP) untuk pengolahan data yang bersifat dua dimensi (Wijaya *et al.*, 2016). CNN termasuk dalam rumpun *Deep Neural Network* dikarenakan kedalaman jaringan yang tinggi dan sangat unggul jika diimplementasikan pada data citra.



Gambar 2.10 Konsep Kerja CNN

CNN merupakan metode yang pertama kali dikembangkan dengan nama *NeoCognitron* oleh peneliti asal Jepang bernama Kunihiko Fukushima. Konsep yang dikembangkan oleh Kunihiko Fukushima tersebut kemudian dikembangkan lagi oleh seorang peneliti dari USA atas nama LeChun. LeChun berhasil mengembangkan model awal CNN dengan nama *LeNet* pada penelitian yang membahas pengenalan angka dan tulisan tangan. Penerapan metode CNN semakin hari semakin diminati berkat pada tahun 2012 seorang Alex Krizhevsky berhasil menjuarai kompetisi *ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge 2012* dengan menggunakan metode CNN. Hal ini semakin membuktikan metode CNN

sebagai metode klasifikasi objek pada citra terbaik, setelah mengungguli metode *Machine Learning* lainnya seperti SVM.

2.16 Bahasa Pemrograman Python

Python adalah salah satu bahasa pemrograman tingkat tinggi yang bersifat interpreter, interaktif, *object-oriented* dan dapat beroperasi di hampir semua *platform*, seperti keluarga UNIX, Mac, Windows, dan lainnya. Sebagai bahasa tingkat tinggi, python termasuk salah satu bahasa pemrograman yang mudah untuk dipelajari karena sintaks yang jelas dan elegan, dikombinasikan dengan penggunaan module-module siap pakai dan struktur data tingkat tinggi yang efisien.



Gambar 2.11 Logo Bahasa Pemrograman Python

2.17 Teknik Analisa

Setelah sistem berhasil dibuat, maka dilakukan berbagai macam pengujian. Serangkain pengujian dilakukan untuk menguji sebuah perangkat lunak berkerja sebagaimana mestinya. Terdapat dua jenis pengujian, yaitu *white box testing* dan *accuracy testing*.

2.17.1 White Box Testing

Pengujian kotak putih atau *white box testing* merupakan suatu jenis pengujian perangkat lunak yang dapat dilakukan ketika memiliki kode sumber

program dan program itu sendiri (Udayana, Sudarma and Kumara, 2017). Kode sumber tersebut membuat pengembang dan anggota tim pengujian memiliki kesempatan untuk meninjau dan menguji setiap baris kode tersebut. Bahkan dengan semua kode sumber yang tersedia, biasanya ada cukup waktu atau sumber daya untuk menguji seluruh kode sumber program. Tujuan penggunaan *white box* untuk menguji semua statement program. Penggunaan metode pengujian *white box* dilakukan untuk :

- 1 Memberikan jaminan bahwa semua jalur independen suatu modul digunakan minimal satu kali
- 2 Menggunakan semua keputusan logis untuk semua kondisi *true* atau *false*
- 3 Mengeksekusi semua perulangan pada batasan nilai dan operasional pada setiap kondisi.
- 4 Menggunakan struktur data internal untuk menjamin validitas jalur keputusan.

Salah satu metode yang digunakan dalam pengujian secara *white box* adalah pengujian *basis path testing*. Dimana metode ini akan membentuk graph dari setiap alur sistem yang ada, kemudian menghasilkan dokumentasi dari setiap logika yang ada pada alur sistem, validasi dari sistem akan terlihat pada setiap dokumentasi *graph* yang ada.

2.17.2 Accuracy Testing

Pengujian akurasi sistem dapat diartikan sebagai seberapa dekat nilai hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya atau dengan nilai yang dianggap benar. Jika dalam suatu pengujian akurasi sistem tidak ada data sebenarnya atau nilai yang

dianggap benar, maka tidak akan mungkin menentukan berapa besar akurasi pengukuran suatu sistem tersebut. Akurasi didefinisikan sebagai nilai beda atau nilai kedekatan antara yang terbaca dari alat ukur dengan nilai yang sebenarnya. Dalam suatu pengujian sistem yang telah dikembangkan, nilai sebenarnya yang tidak pernah diketahui akan diganti dengan suatu nilai standar yang telah diakui secara konvensional. Persamaan 2.2 merupakan perhitungan untuk melakukan pengujian akurasi sistem transliterasi (Udayaya, Sudarma and Kumara, 2017):

$$Accuracy (\%) = \frac{Correct}{Total Data} * 100.....(2.5)$$

Dari persamaan diatas dapat diartikan bahwa nilai yang didapatkan dengan menggunakan pengujian akurasi sistem adalah nilai dalam bentuk persentase (%) akurasi sistem. *Correct* merupakan nilai atau jumlah hasil yang benar dari keluaran yang dihasilkan oleh sistem sedangkan *Total Data* merupakan jumlah keseluruhan data yang di proses oleh sistem. Dengan melakukan pengujian akurasi sistem, pengembang tentunya dapat mengevaluasi hasil atau keluaran dari sistem yang dibuat dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas dari sistem yang dibangun.

BAB III

KERANGKA BERPIKIR DAN KONSEP PENELITIAN

3.1 Kerangka Berfikir

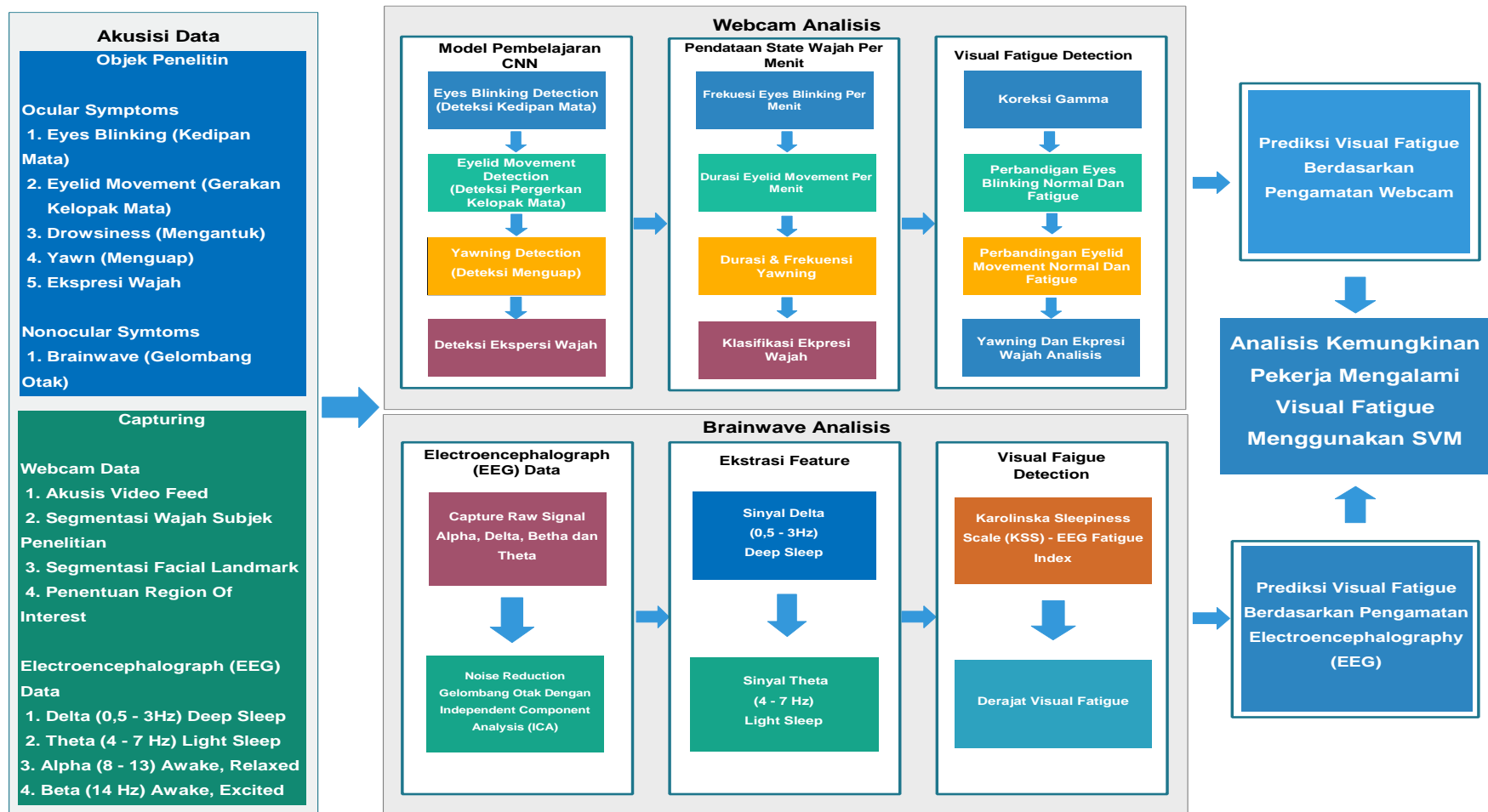
Berdasarkan kajian pustaka dan landasan teori serta penelitian-penelitian sebelumnya, dapat disusun kerangka berpikir dan selanjutnya dapat dibuat kerangka konseptual. Secara garis besar konsep pemodelan penelitian ini terdiri dari empat tahapan seperti pada gambar 3.1. Tahap pertama, melakukan akusisi data dengan menumpulkan data yang mempengaruhi kelelahan mata (*visual fatigue*) saat bekerja dari aspek *ocular* dengan pengumpulan data terkait gambar wajah, *landmark* wajah, gambar mata saat berkedip (*eyes blink*), persentase penutupan kelopak mata atas pupil dari waktu ke waktu (PERCLOS), gambar mulut saat menguap, ekspresi wajah saat mengantuk. Semua data tersebut akan disimpan dalam bentuk digital untuk selanjutnya bisa dijadikan data *training* untuk membuat sistem mampu mengenali kondisi seseorang saat mengalami kelelahan mata (*visual fatigue*). Selain dari aspek *ocular*, pada tahap ini dilakukan akuisisi data dari sisi *nonocular* berupa kondisi mengantuk (*drowsiness*) yang didapat dari data rekaman gelombang otak menggunakan *Electroencephalography* (EEG). Tahap kedua, data yang telah didapatkan selanjutnya diseleksi untuk memisahkan antara video dan gambar. Selain memisahkan antara video dan gambar, kedua data yang berbeda itu juga harus diseleksi terkait kondisi gambar atau video tersebut seperti halnya gambar saat mata menutup akan dikumpulkan menjadi satu kesatuan agar memudahkan untuk melakukan proses *training* data. Selain memisahkan data

berupa gambar dan video, pada tahap ini dilakukan pemisahan *dataset* gelombang otak baik berupa sinyal Beta (12-25Hz), Alfa (8-12Hz), Theta (0,5-4) dan Delta (4-8Hz). Pengelompokan *dataset* gelombang otak ini dilakukan untuk memisahkan mana kondisi otak yang sedang fokus ataupun mengantuk. Berdasarkan data pada penelitian sebelumnya, sinyal otak tersebut dapat merepresentasikan kondisi berkonsentrasi, tegang, mengantuk bahkan tertidur. Dimana pada deteksi *visual fatigue* secara *nonocular* dikatakan seseorang yang teridentifikasi tersebut akan mengalami kondisi kehilangan fokus atau mengantuk (Theta) serta tertidur (Delta). Tahap ketiga, semua data yang telah dikelompokkan tersebut selanjutnya diinputkan pada sistem untuk membuat sistem nantinya mampu mengenali kondisi kelelahan atau tidak. Dalam proses *training* menggunakan metode CNN terdapat beberapa kondisi yang harus dipenuhi sistem untuk dapat mengenali kondisi dengan baik, selama *weight* yang dihasilkan dalam proses *training* belum memenuhi standar maka sistem akan terus mengulangi sampai mencapai batas bawah yang diizinkan untuk sistem salah dalam mengenali objek. Langkah terakhir adalah penerapan hasil data *training* atau *weight* data *training* pada sistem yang dikembangkan, dengan hanya mengambil data *weight* sistem dapat dengan cepat melakukan prediksi kelelahan terhadap objek pada video, hal ini dikarenakan data yang tersimpan pada sistem sesungguhnya bukan berupa video atau gelombang otak lagi tapi hanya berupa pembobotan saja. Khusus pada kasus deteksi *visual fatigue* menggunakan sinyal gelombang otak, hasil data rekaman gelombang otak akan dilakukan pengurangan *noise* terlebih dahulu menggunakan metode ICA sehingga data yang dimasukkan untuk analisis *visual fatigue* dapat lebih akurat.

Pada proses ini juga dilakukan pengambilan keputusan untuk menyampaikan peringatan dini ketika sistem mengenali objek sedang kelelahan, pengambilan keputusan ini akan dilakukan berdasarkan perbandingan antara analisis kelelahan berdasarkan gejala ocular dan nonocular.

3.2 Konsep Penelitian

Melalui analisis dan sintesis dari teori yang menjadi landasan berfikir peneliti untuk mengembangkan sistem berbasis CNN untuk deteksi *visual fatigue* mulai dari tahap awal akusisi, pengelompokan data, *training* data untuk membuat algoritma dapat mengenali kelelahan sampai penerapan sistem untuk mendeteksi *visual fatigue* secara *real-time* dan pengambilan keputusan untuk memberikan peringatan pada *user*. Pada penelitian ini dibuatlah gambaran umum rencana model konsep penelitian untuk penyelesaian masalah yang menjadi serta tujuan dilaksanakannya penelitian dalam bentuk diagram blok sesuai pada gambar 3.1 berikut.



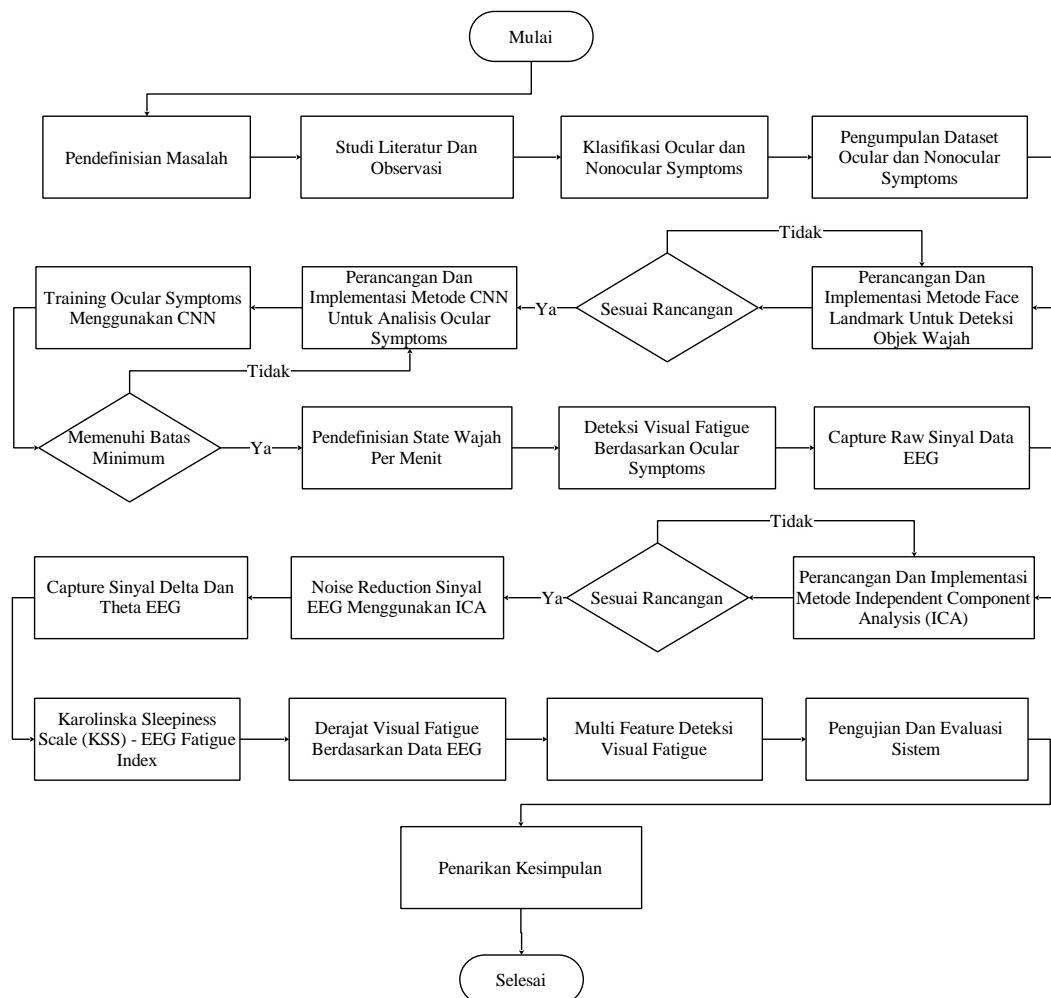
Gambar 3.1 Konsep Penelitian

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Rancangan Penelitian

Model penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah Eksperimen. Secara umum terdapat beberapa tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini sesuai dengan gambar prosedur penelitian pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Prosedur Penelitian

Urutan langkah-langkah dalam gambar 4.1 diatas secara rinci dijelaskan sebagai berikut:

1. Pendefinisian Masalah, tahapan ini untuk mempertegas ruang lingkup masalah. Masalah yang akan diselesaikan dituangkan dalam latar belakang penelitian dengan pembahasan dari yang bersifat umum kemudian dikerutkan ke masalah yang lebih spesifik. Tahapan ini telah dituangkan dalam proposal penelitian dan menjadi dasar mengapa penelitian ini dilakukan. Pemilihan masalah bersumber dari fenomena kehidupan sehari-hari yaitu kelelahan mata (*visual fatigue*) akibat kurang *aware* terhadap kondisi kelelahan yang dialami saat bekerja.
2. Studi Literatur dan Observasi, tahapan ini mencari sumber-sumber tulisan yang pernah dibuat sebelumnya (referensi) dari buku-buku dan jurnal penelitian untuk mendapatkan teori dan observasi dilakukan untuk mendapatkan kenyataan dari kondisi lapangan yang relevan dengan kasus permasalahan yang ditemukan. Luaran dari tahapan ini adalah terkoleksinya referensi yang relevan dengan perumusan masalah dengan tujuan untuk memperkuat permasalahan serta sebagai dasar teori dalam melakukan studi mengenai *visual fatigue* dan faktor penyebab serta akibat yang ditimbulkan dari topik yang diangkat.
3. Klasifikasi Ocular dan Nonocular Symptoms, tahapan ini akan dilakukan pemisahan gejala yang termasuk pada ocular maupun nonocular. Dengan melakukan pemisahan terhadap gejala dari masing-masing kondisi tersebut, diharapkan nantinya sistem tidak salah dalam membedakan gejala kelelahan mata (*visual fatigue*) baik dari gejala ocular maupun nonocular.

4. Pengumpulan Dataset Ocular dan Nonocular Symptoms, tahapan ini peneliti akan mengumpulkan data-data yang digunakan untuk mendukung pengembangan sistem yang diusulkan. Data yang dikumpulkan dari tahap ini adalah berupa rekaman video maupun foto yang menandakan seseorang mengalami *visual fatigue* dari sisi ocular dan nonocular, serta data gelombang otak yang menandakan seseorang mengalami kelelahan dan tidak mengalami kelelahan. Data ini kemudian akan dapat digunakan sebagai data latih maupun data uji untuk melihat kesesuaian sistem dengan perancangan yang dilakukan.
5. Perancangan dan Implementasi Metode Face Landmark Untuk Deteksi Wajah, pada tahap ini dilakukan proses tahap awal untuk menangkap gejala yang dialami seseorang ketika mengalami *visual fatigue*. Cara menangkap gejala tersebut adalah dengan menentukan *face landmark* sehingga objek-objek yang termasuk mempengaruhi *visual fatigue* ini dapat dengan detail dianalisis oleh sistem.
6. Perancangan dan Implementasi Metode CNN Untuk Analisis Ocular Symptoms, pada tahap ini pengembangan dan penerapan metode CNN akan dilakukan untuk mengenali frekuensi *eyes blinking*, durasi *eyelid movement*, mendeteksi *yawning* dan mengamati ekspresi wajah seseorang untuk mengenali gejala indikasi *visual fatigue*.
7. Training Ocular Symptoms Menggunakan CNN, metode pembelajaran menggunakan CNN yang telah dikembangkan pada tahap sebelumnya akan masuk pada fase pembelajaran. Dimana pada fase pembelajaran ini, akan

dihasilkan model terbaik untuk diterapkan pada sistem untuk diuji pada lingkungan yang sebenarnya.

8. Pendefinisian State Wajah Per Menit, tahap ini dilakukan untuk menganalisis gejala yang terjadi ketika dihitung dalam setiap menit. Pada setiap menitnya sistem akan menghitung berapa kali terjadi gejala yang menandakan seseorang mengalami *visual fatigue*.
9. Deteksi Visual Fatigue Berdasarkan Ocular Symptoms, pada tahap ini akan diambil kesimpulan dari perhitungan frekuensi *eyes blinking*, durasi *eyelid movement*, *yawning* dan ekspresi wajah seseorang untuk menentukan *decision* terindikasi *visual fatigue* atau tidak.
10. Capture Raw Data EEG, pada tahap ini dikembangkan sebuah modul yang dapat digunakan untuk menangkap semua sinyal gelombang otak yang dihasilkan oleh alat EEG.
11. Perancangan dan Implementasi Metode ICA, tahap ini adalah fase untuk merancang dan implementasi metode ICA yang digunakan untuk mengurangi *noise* sinyal gelombang otak yang ditangkap oleh alat EEG.
12. Noise Reduction Sinyal EEG Menggunakan ICA, hasil implementasi dari metode ICA pada tahap ini akan diterapkan untuk membuat sinyal yang ditangkap bebas dari gangguan sinyal lain, sehingga sistem nantinya tidak salah untuk menghitung *visual fatigue* indeks.
13. Capture Sinyal Delta dan Theta EEG, dari 4 sinyal gelombang otak yang dapat ditangkap oleh EEG yaitu Delta, Theta, Alpha dan Beta, hanya 2 sinyal saja yang dapat memberikan informasi bahwa seseorang tersebut mengalami *visual*

fatigue atau tidak. Untuk itu diperlukan sistem yang mampu mengklasifikasikan keempat sinyal tersebut dengan hanya mengambil sinyal yang memiliki frekuensi 0,1 Hz – 3 Hz untuk Delta dan 4 Hz – 7 Hz untuk Theta.

14. Karolinska Sleepiness Scale (KSS) – EEG Fatigue Index, tahap ini adalah tahapan menghitung seberapa besar derajat mengantuk dari seseorang menggunakan KSS, dimana derajat mengantuk tersebut merupakan salah satu gejala seseorang mengalami *visual fatigue*.
15. Derajat Visual Fatigue Berdasarkan Data EEG, tahap ini adalah pengambilan keputusan terhadap apakah seseorang tersebut mengalami *visual fatigue* atau tidak menggunakan pengamatan data EEG.
16. Multi Feature Deteksi Visual Fatigue, untuk menghasilkan hasil analisis yang akurat diperlukan penilaian secara mendalam dari aspek gejala ocular dan nonocular. Pada tahap ini hasil keputusan dari gejala ocular dan nonocular akan dibandingkan untuk menghasilkan keputusan akhir apakah seseorang tersebut mengalami kelelahan visual atau tidak.
17. Pengujian dan Evaluasi Sistem, tahap ini dilakukan pengujian terhadap akurasi yang dihasilkan baik dari sisi keteknikan dan medis, tim medis dilibatkan untuk melihat apakah sistem sudah berkerja baik sesuai dengan standar analisis *visual fatigue* dari pandangan medis.
18. Penarikan Kesimpulan, melakukan generalisasi, yaitu penarikan kesimpulan umum dari hasil penelitian yang berkaitan dengan teori yang mendasari hasil penelitian. Kesimpulan merupakan jawaban pertanyaan dari rumusan masalah dalam penelitian ini berupa pernyataan pencapaian tujuan penelitian, apakah

tujuan yang dirumuskan tercapai atau tidak. Termasuk di dalamnya saran mengenai hasil temuan dalam penelitian.

4.2 Lokasi Dan Waktu Penelitian

Pengembangan sistem ini dilakukan Laboratorium STMIK STIKOM Indonesia, Jl. Tukad Pakerisan No.97, Panjer, Kec. Denpasar Sel., Kota Denpasar, Bali mulai dari tahun 2021.

4.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup yang akan dikerjakan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Deteksi *visual fatigue* yang dilakukan pada penelitian ini mengarah pada analisis yang diambil objek yang dapat diamati dari wajah dan gelombang otak menggunakan EEG.
2. Proses analisis *visual fatigue* secara *ocular* dan *nonocular* yang dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan keluarga metode *Convolution Neural Network* (CNN).
3. Pada analisis *visual fatigue* secara *nonocular* berupa perekaman sinyal EEG dilakukan proses *denoising* data terlebih dahulu menggunakan ICA untuk menghilangkan data yang tidak diperlukan dalam menganalisis gejala *visual fatigue*.

4.4 Penentuan Sumber Data

Sumber data yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini adalah citra dan video yang bersumber dari internet, pengambilan gambar atau video

secara langsung, dan kumpulan *dataset* video, gambar dan raw data EEG yang disediakan untuk penelitian pada www.kagale.com dan www.figshare.com.

4.5 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang diajukan dalam penelitian ini adalah beberapa perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan untuk pengumpulan bahan penelitian dan pemrosesan bahan penelitian. Adapun instrumen yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. PC komputer digunakan untuk proses pengerjaan penelitian dan pembuatan laporan sesuai tahapan penelitian.
2. Digital camera atau *webcam* digunakan untuk mengambil gambar dan video untuk memperkaya data dan pengujian sistem.
3. Server, digunakan untuk proses *training* data sehingga proses *training* data dapat dikerjakan lebih cepat dan maksimal.
4. *Compiler*, digunakan untuk pengembangan code aplikasi dan membuat aplikasi dapat diinstall dan disebarluaskan setelah melewati proses pengujian secara keseluruhan.

4.6 Prosedur Penelitian

Secara umum langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini sesuai dengan penelitian dalam bidang Ilmu Komputer pada umumnya yang berfokus pada teori ataupun algoritma yang digunakan sebagai model matematis untuk menyelesaikan suatu masalah. Ada lima tahapan dalam prosedur penelitian dimulai dari tahapan pendefinisian masalah, studi literatur dan observasi, pengumpulan data

dan penyelesaian masalah, pengujian dan evaluasi, dan diakhiri dengan penarikan kesimpulan.

4.7 Analisis Dan Pengujian

Untuk menganalisis sistem yang telah dibuat maka dalam tahap ini akan dilakukan analisis terhadap sistem tersebut. Dimana dalam upaya ini terdapat dua buah proses analisis yang akan dilakukan untuk mengevaluasi sistem tersebut. Proses analisis tersebut menggunakan metode *white box testing* dan *accuracy testing*.

4.7.1 White Box Testing

Proses pengujian sistem menggunakan *white box testing* dalam usulan penelitian ini dilakukan pada proses *training* maupun pada *full development system*. Dalam tahap *training* akan dilakukan pengujian pada setiap sub proses *training* data sehingga setiap fungsi yang ada pada proses ini menghasilkan *weight* yang sesuai dengan perancangan sistem. Dimana tipe pengujian *white box* yang digunakan pada fase ini adalah pengujian basis *path*. Setiap proses yang ada pada *preprocessing* akan direpresentasikan ke dalam bentuk *flow graph*. *Flow graph* tersebut kemudian menghasilkan dokumentasi dari setiap logika yang ada pada alur sistem, validasi dari sistem akan terlihat pada setiap dokumentasi *flow graph* yang ada.

4.7.2 Accuracy Testing

Proses pengujian sistem yang kedua dari usulan penelitian ini adalah *accuracy testing*. Pengujian ini dilakukan untuk menilai luaran dari sistem deteksi *visual fatigue* pada pekerja. Dalam proses pendeteksian analisis akan dilakukan

dengan membandingkan hasil deteksi *visual fatigue* yang dilakukan oleh sistem dengan visualisasi sebenarnya yang dalam kasus ini akan mengikutsertakan tim ahli dari para medis untuk mengungkap apa yang sebenarnya dirasakan oleh pekerja tersebut. Dari hasil perhitungan tersebut nantinya akan didapatkan persentase keakuratan sistem yang dikembangkan. Pengujian akurasi sistem ini juga dilakukan oleh tim medis, dimana dengan melibatkan tim medis akan dapat dilihat keakuratan sistem berdasarkan aspek penilaian sesuai standar kesehatan yang benar. Pengujian pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam memprediksi seorang pekerja apakah dalam kondisi kelelahan atau tidak.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, N., Rozy, N. F. and Lazuardy, R. A. (2017) 'Facial recognition system for fatigue detection using intel realsense technology', in *Proceedings - 6th International Conference on Information and Communication Technology for the Muslim World, ICT4M 2016*. Jakarta, pp. 248–253. doi: 10.1109/ICT4M.2016.52.
- Bailenson, J. N. (2021) 'Nonverbal Overload : A Theoretical Argument for the Causes of Zoom Fatigue', *Technology, Mind, and Behavior*, 2(1), pp. 1–6. doi: <https://doi.org/10.1037/tmb0000030>.
- Bentivoglio, A. R. *et al.* (1997) 'Analysis of blink rate patterns in normal subjects', *Movement Disorders*, 12(6), pp. 1028–1034. doi: 10.1002/mds.870120629.
- Bhanu Priya, D., Jotheeswaran, J. and Subramaniam, M. (2020) 'Visual Flow on Eye-Activity and Application of Learning Techniques for Visual Fatigue Analysis', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 912(6). doi: 10.1088/1757-899X/912/6/062066.
- Budiman, A., Husaini, H. and Arifin, S. (2017) 'HUBUNGAN ANTARA UMUR DAN INDEKS BEBAN KERJA DENGAN KELELAHAN PADA PEKERJA DI PT. KARIAS TABING KENCANA', *Jurnal Berkala Kesehatan*, 1(2), p. 121. doi: 10.20527/jbk.v1i2.3151.
- Budiono, A. M. S., Jusuf, R. M. S. and Pusparini, A. (2016) *Bunga Rampai Hiperkes & KK : Higiene Perusahaan, Ergonomi, Kesehatan Kerja, Keselamatan Kerja*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro Semarang.
- Cai, Q. *et al.* (2019) 'Multiplex Limited Penetrable Horizontal Visibility Graph from EEG Signals for Driver Fatigue Detection', *International Journal of Neural Systems*, 29(5). doi: 10.1142/S0129065718500570.
- Chai, R. *et al.* (2017) 'Improving EEG-based driver fatigue classification using sparse-deep belief networks', *Frontiers in Neuroscience*, 11(MAR). doi: 10.3389/fnins.2017.00103.
- Chen, C. L. *et al.* (2017) 'Bus drivers fatigue measurement based on monopolar EEG', *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in*

Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 10192 LNAI, pp. 308–317. doi: 10.1007/978-3-319-54430-4_30.

Cheng, L. *et al.* (2020) ‘The Optimal Wavelet Basis for Electroencephalogram Denoising’, in *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 85–91. doi: 10.1145/3429889.3429906.

Cheng, Q. *et al.* (2019) ‘Assessment of Driver Mental Fatigue Using Facial Landmarks’, *IEEE Access*. IEEE, 7, pp. 150423–150434. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2947692.

Choi, J. H. *et al.* (2018) ‘The influences of smartphone use on the status of the tear film and ocular surface’, *PLoS ONE*, 13(10), pp. 1–16. doi: 10.1371/journal.pone.0206541.

Cobos, Q. *et al.* (2019) ‘Facial Activity Detection To Monitor Attention And Fatigue’.

Dong, N. *et al.* (2019) ‘A WPCA-based method for detecting fatigue driving from EEG-based internet of vehicles system’, *IEEE Access*. IEEE, 7, pp. 124702–124711. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2937914.

Eka Putra, W. S. (2016) ‘Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) pada Caltech 101’, *Jurnal Teknik ITS*, 5(1). doi: 10.12962/j23373539.v5i1.15696.

Geng, L., ZhiQiang Hu and Xiao, Z. (2019) ‘Real-time Fatigue Driving Recognition System Based on Deep Learning and Embedded Platform’, *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)*, 53(1), pp. 164–175. Available at: https://asrjetsjournal.org/index.php/American_Scientific_Journal/article/view/4735.

Ghazal, M. *et al.* (2018) ‘Embedded fatigue detection using convolutional neural networks with mobile integration’, *Proceedings - 2018 IEEE 6th International Conference on Future Internet of Things and Cloud Workshops, W-FiCloud 2018*, (December), pp. 129–133. doi: 10.1109/W-FiCloud.2018.00026.

Golz, M. *et al.* (2010) ‘Evaluation of fatigue monitoring technologies’, *Somnologie*, 14(3), pp. 187–199. doi: 10.1007/s11818-010-0482-9.

- Grace, R. *et al.* (1998) 'Introduction to the Drowsy Driver Problem Fundamental Principles of a Video- Based Drowsiness Detection System', *Traffic Safety*, (1996).
- Gu, H., Ji, Q. and Zhu, Z. (2002) 'Active facial tracking for fatigue detection', *Proceedings of IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, 2002-Janua, pp. 137–142. doi: 10.1109/ACV.2002.1182171.
- Gupta, M., Beckett, S. A. and Klerman, E. B. (2017) 'On-line EEG Denoising and Cleaning Using Correlated Sparse Signal Recovery and Active Learning', *International Journal of Wireless Information Networks*. Springer US, 24(2), pp. 109–123. doi: 10.1007/s10776-017-0346-3.
- Han, Y. J., Kim, W. and Park, J. S. (2018) 'Efficient Eye-Blinking Detection on Smartphones: A Hybrid Approach Based on Deep Learning', *Mobile Information Systems*, 2018. doi: 10.1155/2018/6929762.
- Hanrahan, C. (2019) 'Noise Reduction in EEG Signals using Convolutional Noise Reduction in EEG Signals using Convolutional Autoencoding Techniques Autoencoding Techniques'. Available at: <https://arrow.tudublin.ie/seschcomdis>.
- Haque, Mohammad Ahsanul Irani, R., Nasrollahi, K. and Moeslund, T. (2016) 'Facial Video based Detection of Physical Fatigue for Maximal Muscle Activity Haque, Mohammad Ahsanul; Irani, Ramin; Nasrollahi, Kamal; Moeslund, Thomas B.', *IET Computer Vision*, 10(4), pp. 323 – 330. doi: 10.1049/iet-cvi.2015.0215.
- Hardoko, E. (2014) 'Sebulan Lembur, Karyawan China Tewas di Kantor', *KOMPAS*, 16 May, p. 14194236. Available at: <https://money.kompas.com/read/2013/05/16/14194236/sebulan.lembur.karyawan.china.tewas.di.kantor>.
- Hartiansyah, B. (2019) 'Deteksi Dan Identifikasi Kondisi Kantuk Pengendara Kendaraan Bermotor Menggunakan Eye Detection Analysis', *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 3(1), pp. 59–64. Available at: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/download/541/507>.
- Ibrahim, D., Hidayatno, A. and Isnanto, R. (2011) 'Pengaturan Kecerahan dan Kontras Citra Secara Automatis dengan Teknik Pemodelan Histogram', pp. 1–7. Available at: <http://eprints.undip.ac.id/25538/>.
- Iskander, J., Hossny, M. and Nahavandi, S. (2018) 'A Review on Ocular

- Biomechanic Models for Assessing Visual Fatigue in Virtual Reality', *IEEE Access*. IEEE, 6, pp. 19345–19361. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2815663.
- Jabbar, R. *et al.* (2018) 'Real-time Driver Drowsiness Detection for Android Application Using Deep Neural Networks Techniques', *Procedia Computer Science*. Elsevier B.V., 130, pp. 400–407. doi: 10.1016/j.procs.2018.04.060.
- Jing, D. *et al.* (2020) 'Fatigue driving detection method based on EEG analysis in low-voltage and hypoxia plateau environment', *International Journal of Transportation Science and Technology*. Tongji University and Tongji University Press, 9(4), pp. 366–376. doi: 10.1016/j.ijtst.2020.03.008.
- Johns, M. W. (1994) 'Sleepiness in different situations measured by the Epworth Sleepiness Scale', *Sleep*, 17(8), pp. 703–710. doi: 10.1093/sleep/17.8.703.
- Junaedi, S. and Akbar, H. (2018) 'Driver Drowsiness Detection Based on Face Feature and PERCLOS', *Journal of Physics: Conference Series*, 1090(1). doi: 10.1088/1742-6596/1090/1/012037.
- Jung, J. Y., Cho, H. Y. and Kang, C. K. (2020) *Brain activity during a working memory task in different postures: an EEG study*, *Ergonomics*. Taylor & Francis. doi: 10.1080/00140139.2020.1784467.
- Kaida, K. *et al.* (2006) 'Validation of the Karolinska sleepiness scale against performance and EEG variables', *Clinical Neurophysiology*, 117(7), pp. 1574–1581. doi: 10.1016/j.clinph.2006.03.011.
- Kartikasari, R. and Swasto, B. (2017) 'Pengaruh Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Karyawan Terhadap Kinerja Karyawan (Studi Pada Karyawan Bagian Produksi Pt. Surya Asbes Cement Group Malang)', *Jurnal Administrasi Bisnis Universitas Brawijaya*, 44(1), pp. 89–95. Available at: <http://administrasibisnis.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jab/article/view/1731>.
- Komalig, M. R. and Kawoka, D. (2018) 'Hubungan Status Gizi dengan Kelelahan Kerja pada Buruh di Pelabuhan Laut Kota Manado', *Journal Of Community & Emergency*, 6(2), pp. 106–109. Available at: <http://ejournal.unpi.ac.id/index.php/JOCE/article/view/138>.
- Komogortsev, O. and Abdulin, E. (2015) 'User eye fatigue detection via eye movement behavior', in *Conference on Human Factors in Computing Systems* -

Proceedings, pp. 1265–1270. doi: 10.1145/2702613.2732812.

Komogortsev, O. V and Gowda, S. M. (2010) ‘Quantitative Scoring and Evaluation of the Eye Movement Classification Algorithms Qualitative and Quantitative Scoring and Evaluation of the Eye Movement Classification Algorithms’, *ETRA*, pp. 65–68.

Lee, C. C., Chiang, H. Sen and Hsiao, M. H. (2020) ‘Effects of screen size and visual presentation on visual fatigue based on regional brain wave activity’, *Journal of Supercomputing*. Springer US, (0123456789). doi: 10.1007/s11227-020-03458-w.

Li, K. *et al.* (2019) ‘Accurate fatigue detection based on multiple facial morphological features’, *Journal of Sensors*, 2019. doi: 10.1155/2019/7934516.

Li, Z. *et al.* (2017) ‘Automatic detection of driver fatigue using driving operation information for transportation safety’, *Sensors (Switzerland)*, 17(6). doi: 10.3390/s17061212.

Liu, Q. *et al.* (2018) ‘Driver Fatigue Detection Method Based on Eye Multi-Feature Fusion’, in *International Conference on Electrical Engineering and Automation (ICEEA 2018)*, pp. 241–244. doi: 10.2991/iceea-18.2018.53.

Liu, S. *et al.* (2021) *Design of Fatigue Driving Detection Algorithm Based on Image Processing*. Springer Singapore. doi: 10.1007/978-981-15-8458-9.

Liu, W. *et al.* (2019) ‘Convolutional two-stream network using multi-facial feature fusion for driver fatigue detection’, *Future Internet*, 11(5). doi: 10.3390/fi11050115.

Ma, C. *et al.* (2013) ‘A Fatigue Detect System Based on Activity Recognition’, in. Springer International Publishing Switzerland, pp. 303–311. doi: 10.1007/978-3-319-11692-1.

Maddirala, A. K. and Shaik, R. A. (2018) ‘Separation of sources from single-channel EEG signals using independent component analysis’, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 67(2), pp. 382–393. doi: 10.1109/TIM.2017.2775358.

Mandal, B. *et al.* (2017) ‘Towards Detection of Bus Driver Fatigue Based on Robust Visual Analysis of Eye State’, *IEEE Transactions on Intelligent*

Transportation Systems. IEEE, 18(3), pp. 545–557. doi: 10.1109/TITS.2016.2582900.

Marandi, R. Z. *et al.* (2019) ‘An oculometrics-based biofeedback system to impede fatigue development during computer work: A proof-of-concept study’, *PLoS ONE*, 14(5), pp. 1–24. doi: 10.1371/journal.pone.0213704.

Maslikah, S., Alfita, R. and Ibadillah, A. F. (2020) ‘Sistem Deteksi Kantuk Pada Pengendara Roda Empat Menggunakan Eye Blink Detection’, *SinarFE*, pp. 123–128.

Murata, K. and Araki, S. (1996) ‘ORIGINAL Visual Fatigue Potential , Flicker Fusion Accumulation of VDT Work-Related Assessed by Visual Evoked Near Point Distance and Critical Toshihiro OKUMATSU2 ~ and Shinichi SAKOU2 ~ of Public Health , Faculty of Medicine , The University of Tokyo , T’, pp. 61–69.

Nakaso, S. *et al.* (2015) ‘A Fatigue Detection System implemented in an Office Deployable Gateway based on Eye Movement’, in *Proceedings of the CIB*IAARC W119 CIC*. München, p. pp.39-46.

Naqiyah, S. *et al.* (2017) ‘Pendeteksi kelelahan mata pengemudi kendaraan menggunakan metode segmentasi warna dalam ruang warna YCBCR’, *Youngster Physics Journal*, 6(3), pp. 263–271.

Naz, S., Ziauddin, S. and Shahid, A. (2019) ‘Driver Fatigue Detection using Mean Intensity, SVM, and SIFT’, *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 5(4), p. 86. doi: 10.9781/ijimai.2017.10.002.

Nurmianto (2003) *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Semarang: Universitas Diponegoro.

O’Brien, W. and Yazdani Aliabadi, F. (2020) ‘Does telecommuting save energy? A critical review of quantitative studies and their research methods’, *Energy and Buildings*. Elsevier, 225, p. 110298. doi: 10.1016/j.enbuild.2020.110298.

Ong, D., Moors, T. and Sivaraman, V. (2014) ‘Comparison of the energy, carbon and time costs of videoconferencing and in-person meetings’, *Computer Communications*. Elsevier B.V., 50, pp. 86–94. doi: 10.1016/j.comcom.2014.02.009.

Park S., Pan F., Kang S., Y. C. . (2017) ‘Driver Drowsiness Detection System Based

- on Feature Representation Learning Using Various Deep Networks’, *Chen CS., Lu J., Ma KK. (eds) Computer Vision – ACCV 2016 Workshops. ACCV 2016. Lecture Notes in Computer Science*, 10118. doi: 10.1007/978-3-319-54526-4.
- Putri, D. W. and Mulyono, M. (2018) ‘Hubungan Jarak Monitor, Durasi Penggunaan Komputer, Tampilan Layar Monitor, Dan Pencahayaan Dengan Keluhan Kelelahan Mata’, *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 7(1), p. 1. doi: 10.20473/ijosh.v7i1.2018.1-10.
- Renata, V. *et al.* (2018) ‘Investigation on the correlation between eye movement and reaction time under mental fatigue influence’, in *Proceedings - 2018 International Conference on Cyberworlds, CW 2018*. IEEE, pp. 207–213. doi: 10.1109/CW.2018.00046.
- Sajati, H., Kusumaningrum, A. and Utomo, B. B. (2017) ‘Deteksi Kedipan Mata Pada Video Menggunakan Open Cv’, *Compiler*, 6(1), pp. 17–21. doi: 10.28989/compiler.v6i1.197.
- Shahid A., Wilkinson K., Marcu S., S. C. . (2011) *Karolinska Sleepiness Scale (KSS)*. New York: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9893-4_47.
- Shakeel, M. F. *et al.* (2019) *Detecting Driver Drowsiness in Real Time Through Deep Learning Based Object Detection, Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-030-20521-8_24.
- Shi, W. *et al.* (2019) ‘Research on Intelligent Access Control System Based on Interactive Face Liveness Detection and Machine Vision’, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 563(5). doi: 10.1088/1757-899X/563/5/052094.
- Shin, J. *et al.* (2019) ‘Smart Fatigue Phone: Real-time estimation of driver fatigue using smartphone-based cortisol detection’, *Biosensors and Bioelectronics*. Elsevier B.V., 136(April), pp. 106–111. doi: 10.1016/j.bios.2019.04.046.
- Sikander, G. and Anwar, S. (2019) ‘Driver Fatigue Detection Systems: A Review’, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. IEEE, 20(6), pp. 2339–2352. doi: 10.1109/TITS.2018.2868499.

- Sinha, U., K., K. and Shrivastava, A. K. (2016) 'Real Time Implementation for Monitoring Drowsiness Condition of a Train Driver using Brain Wave Sensor', *International Journal of Computer Applications*, 139(9), pp. 25–30. doi: 10.5120/ijca2016909267.
- Song, M. *et al.* (2020) 'A new method for muscular visual fatigue detection using electrooculogram', *Biomedical Signal Processing and Control*. Elsevier Ltd, 58, p. 101865. doi: 10.1016/j.bspc.2020.101865.
- Sowmya, D., Suneetha, I. and Pushpalatha, N. (2014) 'Driver Behavior Monitoring through Sensors and Tracking the Accident using Wireless Technology', *International Journal of Computer Applications*, 102(2), pp. 21–27. doi: 10.5120/17788-8574.
- Statista (2019) *Number of internet users worldwide from 2005 to 2019*, Statista. Available at: <https://www.statista.com/statistics/273018/number-of-internet-users-worldwide/>.
- Suchitra, S. *et al.* (2019) 'Intelligent driver warning system using deep learning-based facial expression recognition', *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(3), pp. 831–838. doi: 10.35940/ijrte.C4028.098319.
- Sullivan, J. M. (2008) 'Visual Fatigue and the Driver', *Umtri-2008-50*, (October).
- Tarwaka B, S. and Sudiajeng, L. (2004) *rgonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. Surakarta: UNIBA.
- Tatroman, A. H. and Herlina (2018) 'Pengaruh Pengetahuan dan Kelelahan Pegawai Terhadap Kecelakaan Kerja di Proyek Lippo Thamrin Office Tower PT Wijaya Karya (Wika) Tahun 2017', 5(19), pp. 61–67. Available at: <http://jurnal.stikesphi.ac.id/index.php/Kesehatan/article/view/161>.
- Tayyaba, A., Arfan Jaffar, M. and Mirza, A. M. (2010) 'Automatic Fatigue Detection of Drivers through Yawning Analysis', in *International Conference on Signal Processing, Image Processing, and Pattern Recognition*, pp. 341–346.
- Thompson, S. B. N. (2014) 'Yawning, fatigue, and cortisol: Expanding the Thompson Cortisol Hypothesis', *Medical Hypotheses*. Elsevier Ltd, 83(4), pp. 494–496. doi: 10.1016/j.mehy.2014.08.009.
- Topare, K. *et al.* (2016) 'IP based drowsiness detector for Real Driving Conditions',

(20160301), pp. 4–7.

Udayana, I. P. A. E. D., Sudarma, M. and Kumara, I. N. S. (2017) ‘Balinese Latin Text Becomes Aksara Bali Using Rule Base Method’, *International Journal of Research in IT, Management and Engineering*, 07(05), pp. 1–7.

Udayana, I. P. A. E. D. U. and Nugraha, P. G. S. C. (2020) ‘Prediksi Citra Makanan Menggunakan Convolutional Neural Network Untuk Menentukan Besaran Kalori Makanan’, *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 6(1), pp. 30–38.

Udayaya, I. P. A. E. D., Sudarma, M. and Kumara, I. N. S. (2017) ‘Balinese Latin Text Becomes Aksara Bali Using Rule Base Method’, *International Journal of Research in IT, Management and Engineering*, 07(05), pp. 1–7.

Ulinskas, M. *et al.* (2018) ‘Recognition of human daytime fatigue using keystroke data’, *Procedia Computer Science*. Elsevier B.V., 130, pp. 947–952. doi: 10.1016/j.procs.2018.04.094.

Vieira, F., Oliveira, E. and Rodrigues, N. (2019) ‘ISVC - Digital Platform for Detection and Prevention of Computer Vision Syndrome’, *2019 IEEE 7th International Conference on Serious Games and Applications for Health, SeGAH 2019*. IEEE, pp. 1–7. doi: 10.1109/SeGAH.2019.8882438.

Wang, C. *et al.* (2020) ‘Study on Fatigue Detection of Ship Operator Based on Eye Features’, in Long, S. and Dhillon, B. S. (eds) *Man-Machine-Environment System Engineering*. Singapore: Springer Singapore, pp. 203–209.

Wang, X. and Xu, C. (2016) ‘Driver drowsiness detection based on non-intrusive metrics considering individual specifics’, *Accident Analysis and Prevention*. Elsevier Ltd, 95, pp. 350–357. doi: 10.1016/j.aap.2015.09.002.

Wijaya, A. Y. *et al.* (2016) ‘Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (Cnn) Pada Caltech 101 Image Classification Using Convolution Neural Network (Cnn) on Caltech 101’, 5(1).

Winarno, H. (2013) ‘Mita Diran Meninggal Setelah Lembur 30 Jam’, *Merdeka*, 16 December. Available at: <https://www.merdeka.com/peristiwa/mita-diran-meninggal-setelah-lembur-30-jam-yr-indonesia-tutup.html>.

Xu, J., Min, J. and Hu, J. (2018) ‘Real-time eye tracking for the assessment of driver fatigue’, *Healthcare Technology Letters*, 5(2), pp. 54–58. doi:

10.1049/htl.2017.0020.

Yamada, Y. and Kobayashi, M. (2017) ‘Fatigue Detection Model for Older Adults Using Eye-Tracking Data Gathered while Watching Video: Evaluation Against Diverse Fatiguing Tasks’, *Proceedings - 2017 IEEE International Conference on Healthcare Informatics, ICHI 2017*, (i), pp. 275–284. doi: 10.1109/ICHI.2017.74.

Yamada, Y. and Kobayashi, M. (2018) ‘Detecting mental fatigue from eye-tracking data gathered while watching video: Evaluation in younger and older adults’, *Artificial Intelligence in Medicine*. Elsevier, 91(November 2017), pp. 39–48. doi: 10.1016/j.artmed.2018.06.005.

Yanbin, W. *et al.* (2020) ‘The Relationship Between Drowsiness Level and Takeover Performance in Automated Driving Yanbin’, in *Second International Conference, MobiTAS 2020 Held as Part of the 22nd HCI International Conference, HCII 2020*. Copenhagen: Springer International Publishing, pp. 125–142.

Zaeni, M. A., Supriyanto and Ginanjar, R. (2019) ‘Hubungan antara Keluhan Kelelahan Kerja Subjektif dengan Produktivitas Kerja pada Pekerja Bagian Produksi PT. Batara Indah Bogor Tahun 2018’, *PROMOTOR Jurnal Mahasiswa Kesehatan Masyarakat*, 2(3), pp. 208–214. Available at: <http://ejournal.uika-bogor.ac.id/index.php/PROMOTOR>.

Zargari Marandi, R. *et al.* (2018) ‘Eye movement characteristics reflected fatigue development in both young and elderly individuals’, *Scientific Reports*, 8(1), pp. 1–10. doi: 10.1038/s41598-018-31577-1.

Zein, A. (2018) ‘Pendeteksian Kantuk Secara Real Time Menggunakan Pustaka OPENCV dan DLIB PYTHON’, *Sainstech: Jurnal Penelitian dan Pengkajian Sains dan Teknologi*, 28(2), pp. 22–26. doi: 10.37277/stch.v28i2.238.

Zhao, Z. *et al.* (2020) ‘Driver Fatigue Detection Based on Convolutional Neural Networks Using EM-CNN’, *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2020(3), pp. 1–11. doi: 10.1155/2020/7251280.