

BAB I

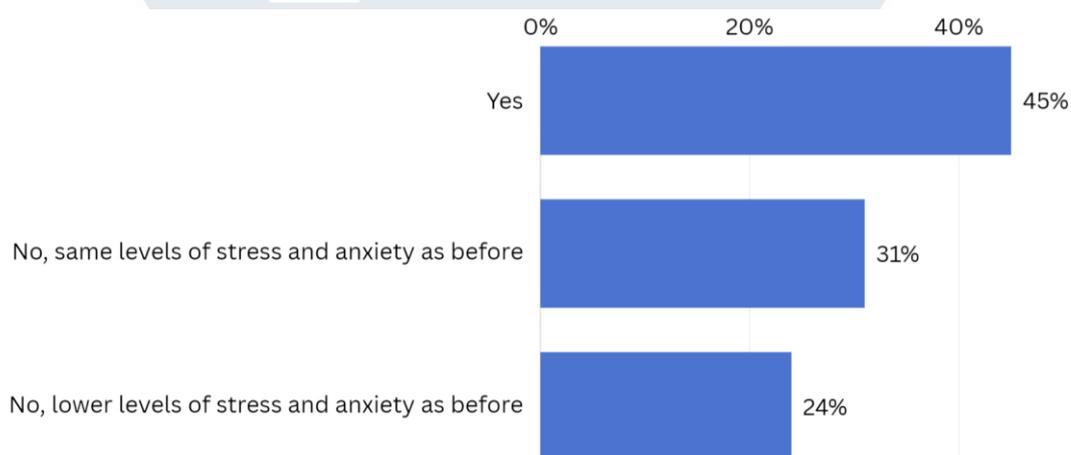
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manusia memiliki tubuh yang dirancang agar dapat melakukan berbagai aktivitas pekerjaan sehari-hari. Tubuh manusia memiliki otot tubuh yang dapat digunakan untuk melakukan berbagai pergerakan dan pekerjaan [1]. Ketika melakukan pekerjaan, artinya tubuh sedang menerima beban dari luar tubuhnya. Namun, setiap beban kerja yang diterima oleh manusia harus disesuaikan dengan segala kemampuan yang dimilikinya, seperti kemampuan fisik, kognitif serta keterbatasan manusia yang menerima beban tersebut [2]. Ketika tubuh sudah tidak mampu lagi menerima beban kerja, maka akan terjadi sebuah fenomena fisiologis berupa penurunan toleransi terhadap kerja fisik yaitu kelelahan [3].

Kelelahan dapat didefinisikan sebagai kondisi ketika seseorang sedang merasakan tingkat kelelahan yang ekstrem, hal tersebut ditandai dengan penurunan energi dan stamina yang signifikan, serta rasa letih yang mendalam [4]. Kelelahan juga dapat diartikan sebagai kondisi ketika seseorang mengalami tingkat kantuk yang tidak biasa, yang berpotensi menurunkan kinerja dan efisiensi dari fungsi kognitif [5]. Seseorang yang mengalami kelelahan sering kali menemukan kesulitan dalam memfokuskan sumber daya kognitif mereka pada elemen-elemen penting, seperti menyelesaikan tugas serta berpikir kritis, kondisi ini dapat berpotensi membuat mereka teralihkan dari apa yang seharusnya mereka lakukan [6]. Kelelahan sering kali disebabkan oleh perubahan kondisi psikobiologis seseorang yang dipicu oleh aktivitas yang intens dan terus-menerus tanpa adanya waktu yang cukup untuk beristirahat [7]. Selain itu, berbagai penelitian telah mengungkapkan beragam faktor yang dapat memicu kelelahan, termasuk kurangnya waktu tidur, berada dalam keadaan terjaga untuk waktu yang panjang, atau memiliki gangguan dalam ritme sirkadian tubuh [8]. Kelelahan tidak hanya kondisi sementara yang mempengaruhi kinerja harian, tetapi juga memiliki jangka panjang yang signifikan terhadap produktivitas dan kualitas kerja seseorang. Berbagai efek yang

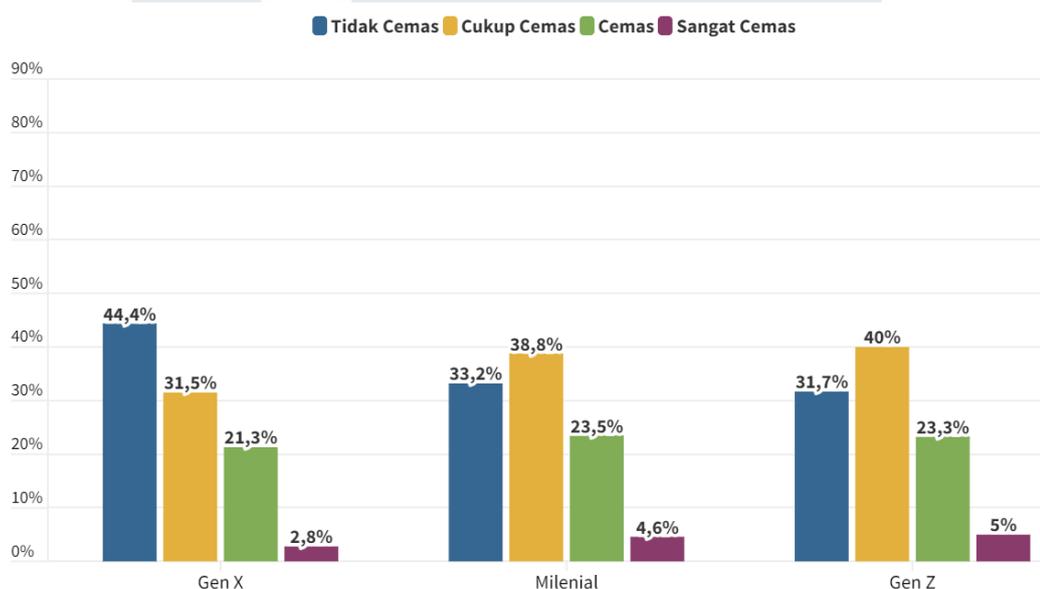
ditimbulkan, diantaranya kesulitan dalam mempertahankan kewaspadaan dan tetap terjaga, penurunan fungsi memori yang menimbulkan kecenderungan pelupa, kesalahan dalam membuat penilaian yang akurat, serta menghambat kemampuan seseorang untuk merencanakan dan mengeksekusi tugas-tugas yang kompleks [9]. Sebuah studi mengungkapkan bahwa terdapat hubungan yang erat antara kelelahan dan stress, kelelahan dapat secara signifikan mempengaruhi kemampuan individu dalam menghadapi dan mengelola stress [10]. Gambar 1. 1 merupakan hasil survei yang dilakukan oleh Rakuten Insight pada bulan Mei 2022, ditemukan 45% dari responden di Indonesia menyatakan bahwa mereka merasa lebih stress selama dua belas bulan terakhir. Hasil menunjukkan bahwa hampir separuh dari 10,103 orang di Indonesia mengalami peningkatan stress dalam setahun terakhir [11].



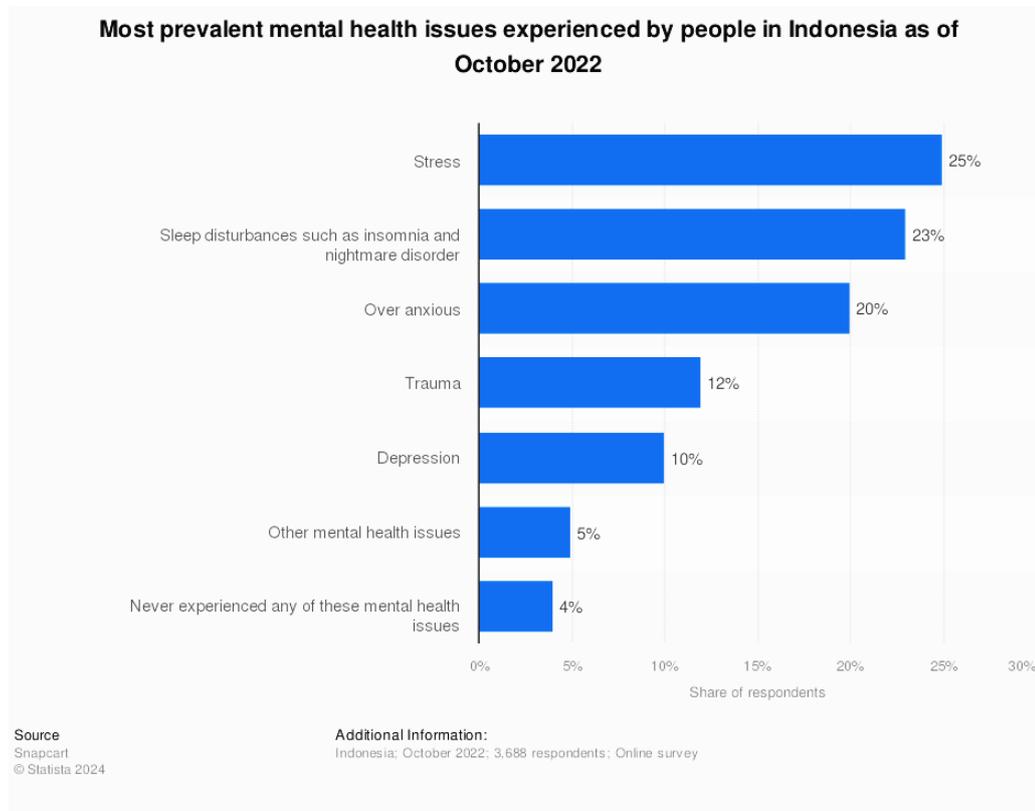
Gambar 1. 1 Survey tingkat stress 1 tahun terakhir di Indonesia oleh Rakuten Insight
Sumber: [11]

Stress merupakan fenomena yang melintasi batas usia dan mempengaruhi berbagai generasi, namun sebuah penelitian menunjukkan bahwa di Indonesia, stress lebih sering dialami oleh generasi Z, yaitu mereka yang lahir antara tahun 1997 hingga 2012, seperti yang tertera pada Gambar 1. 2. Studi tersebut mengindikasikan bahwa prevalensi stress yang tinggi dikalangan generasi Z diakibatkan oleh kurangnya pengalaman mereka dalam menghadapi dan mengelola tekanan [12]. Studi lain yang mendukung pernyataan mengenai prevalensi stress di kalangan

generasi muda di Indonesia menunjukkan bahwa antara 37% hingga 53% mahasiswa sarjana di Indonesia mengalami gejala stres pada tingkat yang tinggi [13]. Stress menjadi faktor kunci yang berdampak buruk terhadap kesehatan mental mahasiswa, peningkatan tingkat stress dikaitkan dengan penurunan kesehatan mental mahasiswa [14]. Sebuah grafik yang tertera dalam Gambar 1. 3 memperlihatkan pada bulan oktober 2022, sebuah survei yang dilakukan di Indonesia mengungkapkan bahwa 24% dari responden menyatakan bahwa stress menjadi faktor dominan yang mempengaruhi masalah kesehatan mental di kalangan masyarakat Indonesia [15]. Temuan tersebut menunjukkan bahwa, kelelahan yang berkelanjutan seringkali menjadi pemicu utama stress yang berdampak negatif terhadap kesehatan mental.



Gambar 1. 2 Tingkat stress berdasarkan kecemasan antargenerasi di Indonesia
Sumber: [12]



Gambar 1. 3 Faktor yang mempengaruhi kesehatan mental
Sumber: [15]

Isu kesehatan mental yang dihadapi oleh mahasiswa dapat berujung pada konsekuensi serius, mulai dari penurunan prestasi akademik yang mencolok, kegagalan dalam memenuhi tuntutan pendidikan, hingga terjadinya *drop-out* atau putus sekolah. Selain itu, pengaruh masalah kesehatan mental juga memberikan efek yang lebih buruk lagi, seperti perilaku menyakiti diri sendiri, bahkan kasus yang lebih tragis adalah kemungkinan mahasiswa merasa begitu terdesak hingga memicu pertimbangan atau bahkan melakukan bunuh diri [16]. Kondisi kelelahan yang dialami oleh mahasiswa seringkali berdampak pada persepsi mereka terhadap diri sendiri dan kemampuan akademis mereka. Mereka akan mulai meragukan kompetensi mereka sebagai seorang mahasiswa, mengalami penurunan efektivitas dalam proses belajar, serta kehilangan motivasi dan semangat untuk mengerjakan tugas-tugas akademis [17].

Untuk mengatasi hal tersebut, salah satu langkah penting yang dapat diambil adalah deteksi dini gejala kelelahan, penanganan yang tepat dapat dilakukan untuk mencegah efek negatif dari kelelahan terhadap performa akademik [18]. Deteksi dini kelelahan menjadi langkah kritical untuk mencegah dampak negatif seperti tertidur di kelas, stress, kecelakaan, dan konsekuensi serius lainnya, termasuk kematian [19]. Kelelahan seringkali terlihat dalam berbagai perubahan ekspresi wajah, fitur-fitur pada wajah bisa menjadi indikator untuk mendeteksi kelelahan, terutama pada situasi ketika seseorang menghabiskan waktu yang lama di depan layar [20]. Ekspresi wajah memainkan peran penting dalam menafsirkan berbagai emosi yang dirasakan oleh manusia, ekspresi wajah dapat mengungkapkan lebih banyak tentang perasaan seseorang baik itu gembira, sedih, marah, dan berbagai emosi lainnya [21]. Oleh karena itu, wajah menjadi indikator yang efektif dalam mendeteksi dini tanda-tanda kelelahan. Pendeteksi kelelahan tidak hanya terbatas pada pengamatan visual ekspresi wajah, metode lain yang melibatkan teknologi canggih seperti sensor *electroencephalogram* (EEG) dan *electromyography* (EMG) juga digunakan untuk memperoleh data neurologis dan otot yang lebih akurat untuk menangkap keadaan kelelahan [22], meskipun metode tersebut menawarkan keakuratan yang tinggi, pendeteksi kelelahan melalui ekspresi wajah sering dijadikan pilihan karena sistem pendeteksian yang hanya memerlukan isyarat visual tanpa membutuhkan kontak fisik atau penggunaan sensor yang menempel pada tubuh. Dalam beberapa penelitian yang berkaitan dengan kondisi kelelahan, fitur-fitur wajah tertentu, seperti mata dan bibir sering digunakan sebagai titik fokus utama untuk analisis [23]. Untuk mengukur kelelahan pada wajah, terdapat beragam indikator yang dapat diobservasi dan dianalisis, seperti gerakan bola mata, frekuensi dan kecepatan berkedip, durasi mata tertutup, frekuensi menguap, serta perubahan dalam postur kepala [19]. Namun, terdapat beberapa tantangan dalam mengimplementasikan metode ini, faktor-faktor seperti pencahayaan yang tidak konsisten, latar belakang yang bervariasi, keburaman gambar, serta resolusi yang rendah dapat secara drastis mempengaruhi akurasi dari sistem deteksi [24]. Untuk mengatasi kendala yang dihadapi oleh sistem analisis wajah, terdapat tiga langkah yang dapat dipertimbangkan untuk diimplementasikan dalam pembuatan model deteksi, yaitu 1) pengambilan wajah (*face acquisition*), yang bertujuan untuk

memilih gambar wajah yang paling cocok dari sekumpulan gambar mentah (*raw image*) atau merekam gambar dari aliran wajah yang paling sesuai untuk pengenalan wajah; 2) Ekstraksi fitur (*feature extraction*), yang melibatkan proses pengambilan representasi fitur yang partikular dari setiap gambar wajah; 3) Merancang model yang sesuai dengan karakteristik dataset untuk kebutuhan proses klasifikasi [25].

Penelitian mengenai deteksi dan klasifikasi wajah sudah sangat sering dilakukan sebelumnya, kombinasi detektor *Single Shot Multibox* dan *MobileNetV2* memperoleh hasil yang baik dalam mengklasifikasikan wajah bermasker dan tidak, mencapai *accuracy* 92.64% dan *f1-score* mencapai 93% [26]. Penelitian dengan topik serupa juga menerapkan *MobileNetV2* pada dataset pengguna masker dan menghasilkan akurasi 91% [27]. Penggunaan *MobileNetV2* sebagai *base model* untuk mengklasifikasikan gambar, berhasil mencapai *accuracy* validasi sebesar 98% [28]. Pengaplikasian *MobileNetV2* untuk tugas klasifikasi ekspresi wajah menghasilkan *accuracy* mencapai 97.98% [29]. Penelitian lainnya yang menjalankan tugas klasifikasi bentuk wajah pada berbagai dataset dengan menggunakan *InceptionV3*, memperoleh *accuracy* yang bervariasi antara 88% hingga 98% [30]. Penelitian menggunakan model *InceptionV3*, diterapkan untuk mengenali ekspresi wajah, menunjukkan *accuracy* hingga 98.2% pada dataset CK+ dan Jaffe [31]. Sebuah penelitian mengenai deteksi wajah merekomendasikan penggunaan *RetinaFace* untuk mendeteksi wajah dan ekstraksi area mata dan mulut, menunjukkan keunggulan dalam mengenali wajah dengan variasi pose dan bentuk 3D, mengalahkan *MTCNN* dalam hal efisiensi dan akurasi [32] [33]. Selain itu, penelitian terkait dengan mendeteksi kelelahan juga sudah pernah dilakukan. Sebuah penelitian mengaplikasikan teknologi *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur *VGG16* untuk ekstraksi emosi dari *micro-expression* wajah, mencapai deteksi emosi yang akurat dan memberikan kontribusi signifikan dalam pemahaman dinamika ekspresi wajah [34]. CNN telah mencatat kemajuan besar dalam pengenalan emosi wajah karena kemampuan yang luar biasa dalam menginterpretasikan dan menganalisis ekspresi wajah untuk identifikasi emosi secara akurat [35]. Studi lainnya berhasil mengimplementasikan *Convolutional*

Neural Network (CNN) untuk mengklasifikasikan pemakaian masker wajah, mencapai tingkat akurasi yang sangat tinggi sebesar 97.90%, karena efisiensi arsitektur CNN yang digunakan [5]. Sebuah penelitian mengembangkan desain *neural network* yang inovatif dengan menggunakan CNN untuk deteksi keadaan mengantuk pengemudi, eksperimental tersebut menunjukkan efektivitas model dengan akurasi rata-rata sebesar 96.69% [36]. Penelitian lainnya, menggunakan dataset MobileNet, menciptakan pencapaian yang signifikan dalam akurasi model *Convolutional Neural Network* (CNN) karena kemampuannya yang unggul dalam menghasilkan respons *realtime* dengan cepat dan akurat [37].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, arsitektur CNN seperti MobileNetV2 dan InceptionV3 sering digunakan dalam penelitian terkait klasifikasi gambar karena kemampuannya untuk mengekstraksi fitur penting dari dataset baru serta kompleks. Selain itu, RetinaFace sebagai algoritma deteksi juga memiliki kelebihan dalam mengenali wajah dengan variasi pose dan ekspresi yang beragam, sehingga memberikan akurasi yang tinggi dalam kondisi yang kompleks. Kombinasi dari RetinaFace dan CNN memiliki kelebihan yang cukup signifikan dalam implementasi pengenalan wajah dan analisis ekspresi karena kemampuan RetinaFace untuk deteksi wajah yang akurat di berbagai kondisi dan kemampuan CNN untuk klasifikasi citra yang efektif. Kombinasi keduanya memberikan solusi *robust* untuk pengenalan dan analisis wajah berdasarkan *facial feature* secara *realtime*.

Penelitian ini bertujuan melakukan pengembangan model deteksi kelelahan serta evaluasi komparatif antara berbagai arsitektur model CNN yang telah dilatih sebelumnya serta menggunakan arsitektur model CNN *Custom* yang telah banyak digunakan pada dataset dengan karakteristik serupa untuk mendeteksi kondisi kelelahan berdasarkan *facial feature*, yaitu mata dan mulut. Fokus penelitian meliputi analisis terhadap arsitektur *pre-trained* yang telah terbukti efektif dalam berbagai pengolahan citra, seperti InceptionV3 [38] dan MobileNetV2 [39], dengan menerapkan teknik *transfer learning* memungkinkan pengembangan model yang lebih cepat dan efisien [40]. Selain itu, CNN *custom layer* yang umum digunakan pada dataset yang serupa dengan penelitian ini juga akan diterapkan [41]. Setiap

arsitektur akan dievaluasi berdasarkan *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score* [42]. Selain itu, berdasarkan efisiensi waktu pelatihan, *training-time* [43] juga akan dijadikan sebagai evaluasi kinerja untuk mengidentifikasi model yang paling efisien dan akurat. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan pengetahuan mengenai model CNN seperti apa yang paling cocok untuk diintegrasikan ke dalam berbagai aplikasi untuk memantau kelelahan di lingkungan perkuliahan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini dirincikan sebagai berikut,

1. Bagaimana perbandingan performa model InceptionV3, MobileNetV2, dan arsitektur CNN *custom* dalam mengklasifikasikan kondisi kelelahan pada wajah mahasiswa berdasarkan kondisi mata dan mulut?
2. Bagaimana performa gabungan model terbaik dari klasifikasi kondisi kelelahan berdasarkan mata dan mulut yang diterapkan dalam deteksi dini kelelahan secara *real-time*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini dirincikan sebagai berikut,

1. Objek penelitian terletak pada ekspresi wajah mahasiswa yang dibagi menjadi empat kategori, yaitu kondisi aktif, kurang fokus, menguap, dan tidur.
2. Penelitian menggunakan total 88 data primer berupa rekaman video dari 22 wajah mahasiswa yang menggambarkan empat kondisi, yaitu kondisi aktif, kurang fokus, menguap, dan tidur.
3. Penelitian dilakukan dengan menggunakan dua fitur wajah, yaitu mata dan mulut.
4. Penelitian menerapkan algoritma CNN sebagai metode utama untuk klasifikasi gambar.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan, tujuan dan manfaat dari penelitian ini terangkum sebagai berikut.

1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini dirincikan sebagai berikut,

- 1) Mengevaluasi dan membandingkan keakuratan serta efektivitas model CNN, yaitu InceptionV3, MobileNetV2, dan arsitektur CNN *custom* dalam mengklasifikasikan kondisi kelelahan mahasiswa berdasarkan fitur wajah, mata dan mulut.
- 2) Mengembangkan model terpilih dengan menggabungkan model terbaik dari klasifikasi kondisi kelelahan berdasarkan mata dan mulut untuk deteksi dini kelelahan secara *real-time*.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini dirincikan sebagai berikut,

- 1) Mendapatkan model arsitektur CNN yang paling akurat dan efektif dalam mengklasifikasikan kondisi kelelahan mahasiswa berdasarkan fitur wajah, yaitu mata dan mulut.
- 2) Menyediakan model deteksi dini kelelahan mahasiswa dengan gabungan model klasifikasi kondisi kelelahan berdasarkan mata dan mulut secara *real-time* menggunakan model arsitektur CNN terpilih.

1.4.3 Manfaat Praktis

Manfaat praktis dari penelitian ini dirincikan sebagai berikut,

- 1) Model dapat digunakan untuk mendeteksi kelelahan mahasiswa secara *real-time* dengan mengembangkannya menjadi sebuah aplikasi atau menyematkannya sebagai fitur tambahan dalam aplikasi yang gunakan oleh mahasiswa.
- 2) Model dapat dimanfaatkan oleh pemangku kepentingan, seperti universitas atau pengembang aplikasi pendukung pembelajaran, untuk meningkatkan pemantauan kelelahan mahasiswa.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini terdiri dari lima bab yang didalamnya terdapat beberapa sub bab. Setiap bab dalam skripsi ini memiliki keterkaitan. Secara sistematis, penulisan dari skripsi ini tersusun sebagai berikut:

BAB I LATAR BELAKANG

Bab 1 berisikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan manfaat penelitian yang terkait dengan sistem pendeteksi kelelahan menggunakan wajah. Pada Bab 1 juga akan dijelaskan sistematika penulisan skripsi.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab 2 berisikan dasar-dasar teori terkait dengan penelitian yang mendasari pembahasan secara detail dalam penelitian ini, yaitu kelelahan, penyebab kelelahan, jenis-jenis kelelahan, gejala kelelahan, wajah, pengenalan citra pengenalan wajah, pengenalan pola, RetinaFace, CNN, Phyton, dan penelitian terdahulu

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab 3 akan berisikan gambaran umum dari metodologi yang digunakan pada penelitian ini yang didalamnya terkait dengan objek penelitian, metode penelitian, variabel penelitian, teknik pengumpulan data, alur penelitian, dan berbagai *tools* yang sekiranya akan digunakan dalam penelitian ini.

BAB IV ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN

Bab 4 akan berisikan uraian dan analisis data yang telah dikumpulkan dengan menggunakan metode yang telah dijelaskan sebelumnya. Bab ini menampilkan proses dan hasil yang diperoleh dari analisis, serta langkah-langkah yang diambil dalam perancangan sistem.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Bab V akan berisikan ringkasan hasil penelitian, evaluasi pencapaian, menyampaikan keterbatasan penelitian saat ini, serta memberikan saran untuk potensi penelitian selanjutnya.

