

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Levels of Autonomous Vehicles

Tingkat kendaraan otomatis untuk mengemudi selama beberapa tahun terakhir sudah menjadi lebih beragam, termasuk *driver assistance systems* seperti *adaptive cruise control*. Hal ini memungkinkan teknologi mengemudi otomatis dapat diukur dengan jelas. Ada enam tingkat kendaraan otomatis menurut *Society of Automotive Engineers* (SAE) [15] untuk mengemudi dimana masing-masing tingkat akan dijelaskan sebagai berikut:

- 1) *Autonomous Vehicle Level 0 – No Driving Automation*: Pengemudi bertanggung jawab atas semua fungsi *real-time* yang diperlukan untuk mengoperasikan mobil. Hal tersebut yang menjadikan mobil dinyatakan sebagai *level 0*. Namun, ada beberapa sistem otomatis yang diterapkan pada *level* ini untuk membantu pengemudi, seperti *emergency braking system* dan *standard cruise control*.
- 2) *Autonomous Vehicle Level 1 – Driver Assistance* : Pada mobil *level 1*, mobil memiliki fitur sistem bantuan mengemudi otomatis, seperti *adaptive cruise control* dan *lane control assist*. Fitur-fitur ini membantu memastikan keamanan keseluruhan mobil dan pengemudi. Namun, pengemudi masih sangat bertanggung jawab dan mengontrol fungsi mengemudi yang penting, seperti kemudi dan pengereman.
- 3) *Autonomous Vehicle Level 2 – Partial Automation* : *Advanced Driver Assistance Systems* (ADAS) adalah fitur utama *level 2*. Mobil-mobil pada *level* ini dapat mengerem secara otomatis, berakselerasi, dan mengambil alih kemudi. Namun, ini bukan mobil yang sepenuhnya otomatis, karena pengemudi tetap memegang kendali dan harus selalu memperhatikan lalu lintas.
- 4) *Autonomous Vehicle Level 3 – Conditional Automation* : Dengan *Automated Driving System* (ADS), mobil *level 3* dapat mengemudi

sendiri, tetapi hanya dalam kondisi tertentu. Meskipun ini bukan mobil yang sepenuhnya otomatis, mereka dapat mengemudi sendiri untuk jarak jauh di jalan raya. Pada level ini, pengemudi tidak perlu selalu memegang kemudi dengan kedua tangan, tetapi pengemudi harus selalu siap untuk mengambil kendali kembali jika kondisi berubah.

- 5) *Autonomous Vehicle Level 4 – High Automation* : Pada level 4, mobil dapat beroperasi dalam mode *self-driving*, yang mana tidak sama dengan mobil yang sepenuhnya otomatis. Sebaliknya, ini berarti bahwa bahkan dalam keadaan yang kompleks, mobil mampu menangani sebagian besar situasi mengemudi tanpa masukan dari pengemudi. Pada level 4, pengemudi masih dapat secara manual mengganti mode *self-driving* dan mengendalikan mobil. Meskipun ada beberapa mobil level 4 saat ini di jalan, undang-undang dan infrastruktur belum mengejar teknologi. Untuk alasan ini, mobil level 4 sering dibatasi pada area dan kecepatan terbatas.
- 6) *Autonomous Vehicle Level 5 – Full Automation* : Level ini berkaitan dengan mobil yang sepenuhnya otomatis, yang berarti bahwa mereka mampu menangani semua tanggung jawab mengemudi di semua kondisi jalan. Pada level ini, tidak perlu ada pengemudi. Meskipun banyak komponen perangkat keras dan perangkat lunak untuk mobil yang sepenuhnya otomatis ada, kemungkinan besar masih beberapa tahun sampai masyarakat umum melihatnya di jalan.

## **2.2 Automatic Emergency Braking (AEB)**

Pada [5] sistem AEB (*Automatic Emergency Braking*) akan mendeteksi kemungkinan tabrakan dengan kendaraan lain di depan pada waktu yang tepat untuk menghindari tabrakan atau mengurangi dampak dari tabrakan. Sistem ini dibagi menjadi 2 cara kerja, yaitu DBS (*Dynamic Brake Support*) dan CIB (*Crash Imminent Braking*). Untuk proyek ini, bagian CIB menjadi bagian dari cara kerja sistem rem yang akan diimplementasikan pada proyek mobil RC dengan alasan keterbatasan sumber daya yang dimiliki mobil RC yang digunakan seperti tidak

memiliki rem cakram dan harus menggunakan mekanisme putaran ban untuk melakukan rem. CIB cocok untuk projek ini karena cara kerja CIB adalah pada saat pengemudi tidak melakukan aksi apapun (tidak menginjak pedal rem) untuk menghindari dari kecelakaan, maka CIB akan secara otomatis memperlambat kecepatan mobil sampai berhenti, sementara DBS bekerja jika kita menginjak rem namun tidak dengan kekuatan yang cukup untuk terhindar dari kecelakaan.

Pada [8] *Automatic Emergency Braking* tentunya memiliki kelebihan yang sangat terlihat, yaitu menghindari tabrakan dengan kendaraan di depan atau mengurangi dampak kecelakaan jika terjadi. Namun sistem ini memiliki potensi error pada kelebihan tersebut, seperti sensor membaca adanya kemungkinan kecelakaan, namun ternyata salah mendeteksi sehingga rem otomatis dilakukan pada situasi yang aman (*false positive situation*). Hal tersebut dapat menyebabkan kepanikan yang tidak seharusnya terjadi dan meningkatkan kemungkinan tabrakan dari belakang dengan pengemudi di belakang kita.

### **2.3 Brake Assist System (BAS)**

Pada [6] sistem BAS (*Brake Assist System*) menggunakan kecepatan aplikasi pedal sebagai indikator untuk situasi darurat. Masalah *speeding* dapat diatasi dengan sistem ini karena jika terjadi kecepatan pedal yang terlalu tinggi, sistem secara otomatis masuk ke dalam situasi darurat dan langsung meningkatkan tekanan pada silinder rem roda. Untuk pengujian sistem rem berdasarkan sistem BAS, pedal gas dari mobil RC akan ditekan terus menerus dan saat memasuki situasi darurat, karena tidak memiliki rem cakram, maka yang dilakukan adalah melakukan rem dengan mekanisme putaran ban agar dapat memperlambat kecepatan untuk menggantikan prinsip situasi darurat BAS yang meningkatkan tekanan pada silinder rem roda untuk membuat mobil berhenti.

## 2.4 Automated Braking System

Pada [7] *Automatic Braking* dapat di eksekusi dalam 2 mode. Pertama adalah *collision avoidance* dimana tabrakan akan terhindar dengan rem secara otomatis oleh mobil, namun pengemudi tidak akan diberi peringatan akan adanya kemungkinan tabrakan. Kedua adalah *collision mitigation system* dimana sensor mendeteksi kemungkinan tabrakan dan memberikan peringatan berupa suara kepada pengemudi namun tidak langsung mengambil tindakan seperti memberi tekanan pada pedal rem secara otomatis, namun akan melakukan rem secara otomatis jika pengemudi tidak mengambil tindakan apapun selama peringatan diberikan. Mode kedua lebih efektif dibandingkan mode pertama karena pada mode kedua, pengemudi diberikan peringatan bahwa akan ada kemungkinan tabrakan sehingga pengemudi bisa bersiap-siap mengambil tindakan untuk terhindar dari tabrakan, sementara pada mode pertama pengemudi tidak mendapat peringatan mengenai kemungkinan tabrakan dan sistem tanpa kesadaran pengemudi, langsung melakukan rem otomatis. Dalam projek ini, mode pertama lebih digunakan dan diuji karena tujuan projek ini menghindari tabrakan yang dikarenakan fokus dan respon yang kurang saat menyetir seperti *distracted and drowsy driving*.

## 2.5 Driver Drowsiness Detection

*Driver drowsiness detection* digunakan untuk mendeteksi status dari pengendara apakah sedang mengantuk atau tidak. Terdapat 2 buah teknik yang dapat dilakukan untuk menjalankan *driver drowsiness detection*, yang pertama adalah *intrusive*, teknik yang melibatkan perhitungan seperti gelombang pikiran atau detak jantung dan *non-intrusive*, teknik yang cocok untuk mengetahui penampilan wajah [12] dimana teknik *non-intrusive* lebih digunakan daripada teknik *intrusive* dalam mendeteksi *drowsiness*.

Dalam mendeteksi *drowsiness*, penelitian [12] terlebih dahulu mendeteksi area mata dari wajah orang pada sebuah *live stream video* menggunakan *shape predictor* dan mengantuk atau tidaknya pengemudi ditentukan melalui perhitungan *Eye Aspect Ratio* (EAR), dimana dibagi menjadi 2 yaitu  $EAR(open)$  dimana angka EAR lebih besar dari *threshold* yang ditentukan dan  $EAR(closed)$  dimana angka

EAR lebih kecil dari *threshold* yang ditentukan. Jika  $EAR(closed)$  yang didapatkan dari hasil deteksi selama 2 detik, *alert* akan dibunyikan untuk membangunkan pengemudi seperti pada Gambar 2.1. Pengujian deteksi *drowsiness* diujikan pada sejumlah responden yang akan membuka mata dan menutup mata. Hasil deteksinya menunjukkan angka  $EAR(open)$  dan angka  $EAR(closed)$  setiap orang berbeda-beda.



**Gambar 2. 1 Angka EAR saat mata terbuka dan tertutup**

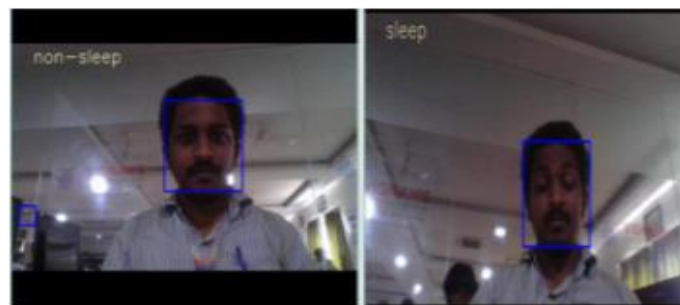
Pada penelitian [13], algoritma deteksi *Viola-Jones* diusulkan untuk mendeteksi *drowsiness*. Algoritma deteksi *Viola-Jones* dibagi menjadi dua, *face detection* untuk mendeteksi wajah dimana hasil deteksinya akan digunakan sebagai *input* pada *eye detection* untuk mendapatkan area mata dari gambar wajah, lalu hasilnya digunakan sebagai *input* pada CNN dan *Soft max layer* pada CNN akan mengklasifikasikan menjadi gambar *sleepy* atau *non-sleepy* berdasarkan *input* gambar yang didapatkan pada proses *eye detection*. Sistem yang telah dibuat memiliki akurasi sebesar 96.42% dan dengan akurasi tersebut, sistem dapat mengidentifikasi kondisi dari pengemudi dan bisa memberi *alert* dengan *alarm* ketika sistemnya mendapatkan output *drowsy* secara terus-menerus

Seperti pada penelitian [12], penelitian [14] mengatakan teknik *non-intrusive* lebih dipilih dibandingkan teknik *intrusive* untuk menghindari pengemudi dari terganggu karena sensor yang menempel pada badannya. Tentunya pendekatan yang digunakan juga merupakan teknik *non-intrusive* seperti *facial landmark* menggunakan *dlib library* dimana terdapat *pre-trained face detector* yang

didasarkan pada modifikasi HOG (*Histogram of Oriented Gradients*) dan menggunakan metode SVM (*Support Vector Machine*) *Linear* untuk mendeteksi objek dan mengklasifikasikan objek yang dideteksi, juga memiliki *pre-trained faical landmark predictor* menggunakan model *shape\_predictor\_68\_face\_landmarks.dat* untuk mendeteksi koordinat titik-titik dari wajah orang.



**Gambar 2. 2 Kondisi Pengujian Penelitian [12]**



**Gambar 2. 3 Kondisi Pengujian Penelitian [13]**



**Gambar 2. 4 Kondisi Pengujian Penelitian [14]**

Ketiga gambar di atas menunjukkan kondisi pengujian pada setiap penelitian dimana kondisi *lighting* pada tempat pengujiannya hanya berdasarkan tempat mereka menguji, tidak memerhatikan kondisi *lighting*.

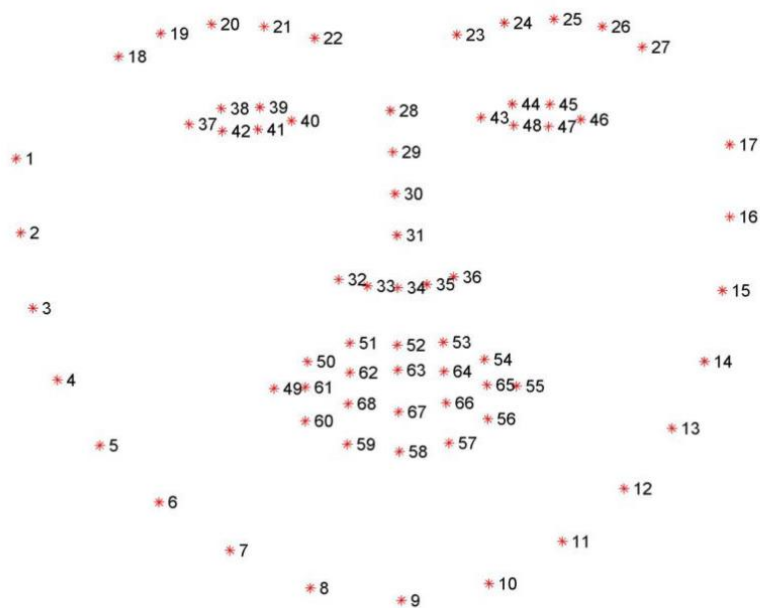
## 2.6 Analisis Literatur

Berdasarkan penelitian mengenai sistem rem otomatis dan sistem deteksi kantuk yang telah dibahas pada sub bab sebelumnya, masing-masing teknologi yang digunakan memiliki kelebihan yang akan diterapkan pada sistem AEB-FCW dan juga sistem *driver drowsiness detection*.

Pada penelitian yang berhubungan dengan sistem rem, teknologi yang memiliki kelebihan dalam mencegah tabrakan *rear-end* dan menjadi prinsip kerja sistem AEB-FCW adalah teknologi CIB dan *Collision Mitigation*. Prinsip kerja dari AEB berasal dari prinsip kerja CIB yaitu melakukan rem otomatis tanpa perlu adanya aksi dari pengemudi saat menghadapi ancaman tabrakan *rear-end*. Prinsip kerja yang dimiliki oleh teknologi CIB memiliki potensi untuk mencegah terjadinya masalah kecelakaan lalu lintas yang disebabkan oleh *human error* seperti tidak fokus dalam menyetir ataupun *speeding*. Sementara prinsip kerja FCW berasal dari prinsip kerja *collision mitigation system* yaitu memberikan *alert* kepada pengemudi sebelum jarak kemungkinan tabrakan menjadi terlalu dekat. Prinsip kerja yang dimiliki oleh teknologi *collision mitigation system* mampu memberikan pengemudi sebuah peringatan berupa suara untuk memberikan informasi kepada pengemudi bahwa ada kemungkinan tabrakan pada jarak antara pengemudi dan mobil di depannya dan hal ini dapat memberikan waktu kepada pengemudi untuk dapat melakukan aksi pencegahan tabrakan *rear-end*.

Pada penelitian yang berhubungan dengan sistem deteksi kantuk, teknik yang diimplementasi pada *driver drowsiness detection* adalah teknik *non-intrusive* dimana teknik ini tidak menggunakan barang fisik yang menempel pada pengemudi untuk mendeteksi kantuk saat mengemudi sehingga kenyamanan pengemudi tidak akan terganggu. Teknik *non-intrusive* yang digunakan adalah memasang kamera pada *dashboard* mobil untuk mendeteksi kantuk dari pengemudi. *Library Dlib* digunakan dalam proses deteksi kantuk karena *Dlib* dapat mendeteksi wajah menggunakan *pre-trained face detector* berbasis HOG dan SVM dan *pre-trained facial landmark predictor*. HOG dan SVM digunakan karena [18] SVM yang dilatih pada fitur HOG merupakan standar *de facto* pada proses melakukan persepsi

visual pada gambar, sementara *pre-trained facial landmark predictor* untuk memprediksi lokasi 68 koordinat (x,y) yang memetakan titik-titik wajah seperti pada Gambar 2.2. Dengan teknologi ini, kita dapat memetakan pula koordinat titik kedua mata untuk mengetahui kondisi mata dari pengemudi, apakah sedang tertutup atau terbuka saat mengemudi. Tentunya teknologi ini dapat memberi peringatan terhadap pengemudi jika terdeteksi mata menutup lebih dari waktu yang ditentukan pada sistem agar pengemudi dapat fokus kembali menyetir atau menepi untuk istirahat sejenak.



**Gambar 2. 5 68 titik koordinat wajah dari dataset iBug 300-W**

Berdasarkan fitur-fitur yang akan diimplementasi pada sistem *Ace Safety System*, mobil dengan fitur tersebut masuk ke dalam kategori kendaraan otomatis tingkat dua karena pada tingkat dua, mobil mampu melakukan rem otomatis.