

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan Masalah

Helm motor merupakan salah satu perlengkapan yang harus digunakan ketika sedang berkendara. Helm merupakan hal yang paling penting demi keselamatan[1]. Dalam undang-undang yang berlaku di Indonesia juga sudah diatur tentang kewajiban menggunakan helm pada saat berkendara menggunakan sepeda motor, adapun undang-undang yang mengatur tentang penggunaan helm ini terdapat pada “Pasal 57 ayat (1) dan ayat (2) UU No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan”. Serta pada “Pasal 106 ayat (8) UU No. 22/2009”, pelanggaran terhadap peraturan ini dapat dikenakan sanksi hukum yang sudah ditetapkan[2], [3], [4]. Peraturan ini tidak hanya dibuat hanya untuk dipatuhi karena alasan sanksi hukum tetapi juga dapat mengurangi risiko cedera serius dan bahkan kematian yang dialami pengguna sepeda motor karena kecelakaan[5]. Namun, banyak dari pengendara sepeda motor yang sering lalai dalam menggunakan helm saat berkendara.

Berdasarkan data pada tahun 2024 yang dibagikan oleh KORLANTAS POLRI (Korps Lalu Lintas Polisi Republik Indonesia), dari bulan Januari sampai September terdapat 1.674.908 kasus pelanggaran lalu lintas di Indonesia, yang mana 438.839 kasus diantaranya merupakan pelanggaran berupa tidak menggunakan helm[6]. Ada beberapa alasan yang menyebabkan hal ini terjadi. Pertama, kurangnya kesadaran mengenai fungsi helm sebagai pelindung keselamatan dalam berkendara. Kedua, motivasi mengenakan helm sebagai pemenuhan kewajiban belaka. Dan Ketiga, malasnya pengguna sepeda motor dalam menggunakan helm meskipun bepergian dalam jarak dekat[7].

Ketika pengendara motor bepergian dengan menggunakan helm, pengendara tersebut telah mengurangi risiko cedera kepala apabila mengalami kecelakaan di jalan. Risiko yang dapat dialami pengendara motor ketika berkendara tidak menggunakan helm seperti cedera pada bagian kepala dan wajah, cedera otak, hingga meninggal dunia. Dengan menggunakan helm, pengendara motor dapat

mengurangi risiko cedera kepala dan kematian hingga 3x lipat dibandingkan jika tidak menggunakan helm saat berkendara[8].

Selain dampak secara keselamatan ketika tidak menggunakan helm, menurut “Pasal 291 Ayat (1) UU Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan”. Pengendara motor yang tidak menggunakan helm saat berkendara dapat dikenakan sanksi berupa denda sebesar Rp250.000 atau kurungan penjara paling lama 1 bulan. Meskipun telah diadakan aturan tersebut, masih banyak pengendara motor yang mengabaikan peraturan tersebut[4].

Dengan banyaknya pelanggaran peraturan yang berlaku serta risiko saat berkendara menggunakan sepeda motor, permasalahan **“Pengguna Sepeda Motor yang Sering Lalai atau Malas Untuk Menggunakan Helm Saat Berkendara”** ini penting untuk diselesaikan untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan pengguna sepeda motor. Untuk dapat menyelesaikan permasalahan ini akan melibatkan beberapa *stakeholder*; diantaranya:

1. Pengguna Sepeda Motor merupakan pihak yang paling tinggi kemungkinan untuk mengalami kecelakaan. Pengguna sepeda motor harus menggunakan helm untuk mengurangi risiko yang dialami pada saat mengalami kecelakaan. Saat permasalahan ini diselesaikan pengguna sepeda motor dapat terhindar dari tilang karena tidak menggunakan helm.
2. Produsen Sepeda Motor merupakan pihak yang berperan dalam memastikan keselamatan pengendara sepeda motor dengan menyediakan fitur keselamatan yang optimal. Dengan diselesaikannya masalah ini dapat meningkatkan keselamatan pengendara saat menggunakan sepeda motor.
3. Produsen Helm merupakan pihak yang berperan paling besar untuk menjamin keselamatan dan kenyamanan pengguna sepeda motor serta menyelesaikan masalah ini. Dengan diselesaikan permasalahan ini produsen helm dapat meningkatkan jumlah pengguna helm yang ada.
4. Korps Lalu Lintas menjadi pihak yang bertugas untuk memastikan peraturan yang ada terkait keselamatan berkendara dapat dijalankan dengan baik. Menyelesaikan permasalahan ini dapat meningkatkan efisiensi penegakan hukum yang ada, terutama terkait penggunaan helm.

1.1.1 Informasi Pendukung Masalah

Berdasarkan permasalahan yang sudah dijelaskan sebelumnya, penggunaan helm untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan berkendara merupakan suatu kewajiban. Tidak hanya untuk menghindari risiko yang dialami ketika kecelakaan, tetapi juga untuk menghindari pelanggaran peraturan perundang-undangan. Helm sendiri memiliki beberapa jenis berdasarkan bentuk dan standarisasinya. Standar yang berlaku di Indonesia adalah SNI (Standar Nasional Indonesia) yang mengatur tentang bentuk ukuran, bahan pembuatan, daya tahan benturan, dan berat dari helm sendiri[9].

Helm berkendara yang beredar di pasaran memiliki jenis dan bentuk yang beragam. Berikut adalah beberapa jenis helm yang ada di pasaran Indonesia yang memenuhi SNI.

1. Helm *Full-Face*, helm ini memiliki bentuk yang melindungi seluruh kepala mulai dari wajah hingga ke dagu dan leher pengguna.
2. Helm *Flip-Up* atau Helm Modular, helm jenis ini merupakan perpaduan dari helm *full-face* dan helm yang biasa.
3. Helm *Open-Face*, helm ini hanya menutupi bagian samping, atas, dan belakang kepala.
4. Helm *Half-Face*, helm ini hanya melindungi sedikit bagian kepala yakni area atas dan sekitar dahi hingga alis.
5. Helm *Off-road*, helm ini diperuntukkan untuk kegiatan berkendara yang aktif di luar jalan raya, atau diperuntukkan pada medan yang terjal dan menantang.
6. Helm *Dual-Sport*, helm ini merupakan helm yang memiliki fungsi gabungan dari helm *full-face* dan helm *off-road*[10].

Jenis dan bentuk helm yang beragam ini memiliki peruntukan dan kenyamanan yang berbeda juga pada saat digunakan. Pemilihan helm sesuai dengan kebutuhan merupakan salah satu aspek penting dalam keselamatan berkendara menggunakan sepeda motor, perbedaan bentuk ini tidak hanya berfungsi untuk aspek *fashion* tetapi juga memiliki tingkat peredaman benturan dan tingkat melindungi kepala yang berbeda pada saat mengalami kecelakaan saat berkendara.

Berikut adalah gambar dari beberapa bentuk helm yang beredar di pasaran Indonesia[11].



Gambar 1. 1 Bentuk Helm yang ada di Pasaran Indonesia[11]

Bentuk dari helm yang berbeda juga mempengaruhi dari berat helm itu sendiri, untuk helm jenis *open-face* memiliki berat antara 1,100 gram sampai dengan 1,400 gram, untuk helm *full-face* memiliki berat dari 1,400 gram hingga 1,600 gram, sedangkan helm dengan jenis modular memiliki berat hingga 1,800 gram. Fitur-fitur tambahan yang ada pada helm juga mempengaruhi berat helm hingga 10%. Berat helm juga sudah diatur pada SNI yaitu tidak melebihi 2,000 gram[12].

Postur ideal pada saat menggunakan sepeda motor dapat menentukan kenyamanan dan keamanan saat berkendara. Postur saat mengendarai sepeda motor juga dapat menentukan jarak ideal antara kepala atau helm pengemudi dengan setang sepeda motor. Berdasarkan posisi ideal mengendarai sepeda motor jarak ideal kepala atau helm dengan setang sepeda motor yaitu antara 60 cm hingga 80 cm[13].

Pengguna sepeda motor yang mengguna helm atau tidak dapat diidentifikasi dengan menggunakan citra visual menggunakan kamera atau dapat diamati langsung dengan menggunakan mata, pengamatan menggunakan citra visual penggunaan helm ini sudah ada dilakukan dengan menggunakan metode CNN (*Convolutional Neural Network*) dengan menggunakan YOLO (*You Only Look Once*)[14]. Berikut adalah gambar dari pengguna motor yang menggunakan helm dan yang tidak mengguna helm pada saat berkendara dengan menggunakan motor.



Gambar 1. 2 Pengguna Motor Yang Menggunakan Hem



Gambar 1. 3 Pengguna Motor Yang Tidak Menggunakan Helm[15]

Dalam menghadapi permasalahan ini sudah terdapat beberapa solusi yang berhubungan dengan penggunaan helm pada pengendara sepeda motor, masing-masing solusi memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri. Pada tabel 1.1 memuat solusi yang sudah ada serta kelebihan dan kekurangannya.

Tabel 1. 1 Solusi Yang Telah Ada

Solusi	Kelebihan	Kekurangan
SEMMUDIK[16]	<ol style="list-style-type: none">1. dapat memberikan peringatan pada saat pengemudi mengantuk.2. dapat mengirimkan notifikasi pada saat terjadi kecelakaan.3. Terhubung dengan pihak-pihak terkait	tidak adanya tindakan yang benar-benar memaksa pengemudi untuk menggunakan helm.

	untuk langkah tingkat lanjut saat terjadi kecelakaan.	
Helm Pintar Ini "Paksa" Pengendara Motor Memakainya[17]	sistem dapat membuat motor tidak dapat digunakan saat pengguna tidak memakai helm.	daya tahan baterai yang hanya 6 jam sehingga pada saat melakukan perjalanan jauh dengan waktu tempuh melebihi kapasitas baterai akan menimbulkan gangguan pada sistem.
Deteksi Helm untuk Keamanan Pengendara Sepeda Motor dengan Metode CNN (<i>Convolutional Neural Network</i>) menggunakan Raspberry Pi[14]	Kelebihan dari solusi ini adalah tingkat akurasi yang tinggi.	Waktu komputasi yang dibutuhkan oleh solusi ini terhitung lama atau membutuhkan waktu yang cukup banyak.

1.1.2 Analisis Masalah

Berikut ini adalah pembahasan mengenai masalah yang diajukan dalam beberapa aspek:

1. Aspek Kesehatan: Kelalaian dalam menggunakan helm saat berkendara memiliki dampak serius terhadap aspek kesehatan, terutama dalam melindungi kepala dari cedera fatal akibat kecelakaan. Tanpa perlindungan helm, pengendara lebih rentan mengalami cedera kepala berat, seperti patah tulang tengkorak, cedera otak traumatis (TBI), hingga risiko kematian yang lebih tinggi. Bahkan kecelakaan ringan sekalipun dapat menyebabkan gegar otak atau luka serius di wajah yang memerlukan perawatan medis jangka panjang. Selain itu, cedera kepala dapat berdampak pada penurunan fungsi kognitif, gangguan motorik, hingga kecacatan permanen yang mengurangi kualitas hidup korban. Tingginya

angka kecelakaan akibat kelalaian dalam menggunakan helm juga berkontribusi pada meningkatnya beban fasilitas kesehatan, baik dari segi biaya pengobatan maupun kebutuhan rehabilitasi bagi korban kecelakaan.

2. Aspek Hukum : Permasalahan ini merupakan salah satu bentuk pelanggaran hukum yang ada di Indonesia terkait dengan keselamatan berkendara. Pengguna motor yang tidak mengenakan helm pada saat berkendara dapat dikenakan sanksi berupa denda dan juga penjara, hal ini dapat menyebabkan kerugian dari pengendara motor sendiri.

3. Aspek Sosial : Masalah kelalaian pengguna sepeda motor dalam mengenakan helm memiliki dampak sosial yang luas, terutama dalam hal kesadaran keselamatan berkendara yang masih rendah. Banyak pengendara menganggap helm sebagai formalitas semata atau beban yang tidak nyaman digunakan, sehingga hanya dipakai untuk menghindari tilang, bukan sebagai kebutuhan utama dalam berkendara. Faktor lingkungan dan tekanan sosial juga berperan, di mana kebiasaan tidak memakai helm di suatu komunitas cenderung ditiru oleh individu lain. Selain itu, kelalaian ini meningkatkan beban sosial akibat kecelakaan, baik dari segi biaya pengobatan, dampak psikologis bagi keluarga korban, hingga hilangnya produktivitas akibat cedera serius. Meskipun sudah ada regulasi yang mewajibkan penggunaan helm, lemahnya penegakan hukum dan kurangnya kesadaran masyarakat menyebabkan tingginya angka pelanggaran, yang pada akhirnya memperburuk citra keselamatan transportasi di Indonesia.

1.1.3 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Kebutuhan yang harus dimiliki dari solusi yang diajukan adalah sebagai berikut:

1. Solusi yang dimiliki harus mampu mendeteksi kondisi pemakaian helm dari pengguna motor saat sepeda motor hendak atau sedang digunakan secara *real-time*.
2. Solusi harus mampu untuk memberikan peringatan atau *output* yang dapat meningkatkan kepatuhan dalam penggunaan helm oleh pengendara sepeda motor.
3. Solusi harus kompatibel dan dapat diterapkan pada berbagai jenis sepeda motor tanpa memerlukan modifikasi yang kompleks.
4. Solusi harus mudah digunakan oleh pengguna sepeda motor.

1.1.4 Tujuan

Tujuan yang diharapkan dari solusi yang diajukan adalah meningkatkan tingkat kepatuhan pengguna sepeda motor dalam menggunakan helm dengan menciptakan sistem deteksi pemakaian helm yang efektif. Sistem ini harus mampu mendeteksi pemakaian helm secara *real-time* saat sepeda motor hendak atau sedang digunakan. Selain itu, solusi yang dikembangkan harus dapat memberikan peringatan atau respons otomatis untuk mendorong pengendara agar selalu mengenakan helm dengan benar. Untuk memastikan efektivitasnya, sistem ini harus dapat digunakan pada semua jenis sepeda motor dan dirancang agar mudah dioperasikan oleh pengendara, tanpa mengganggu kenyamanan berkendara. Dengan implementasi sistem ini, diharapkan risiko cedera fatal akibat kecelakaan serta pelanggaran aturan lalu lintas terkait penggunaan helm dapat berkurang secara signifikan.

1.2 Solusi

1.2.1 Karakteristik Solusi

Berdasarkan permasalahan tersebut, berikut merupakan fitur-fitur penting yang diperlukan pada solusi yang ditawarkan.

1.2.1.1 Fitur Dasar

1. **Sensing Capability**, Solusi yang ditawarkan harus mampu untuk mendeteksi penggunaan helm secara *real-time* dengan menggunakan sensor atau komponen *input* untuk memastikan helm digunakan dengan benar.
2. **Data Processing**, Solusi yang ditawarkan memiliki kemampuan memproses data yang diterima dan mengolah data dengan menggunakan metode komputasi.
3. **Computation Capability**, Solusi yang ditawarkan memiliki kemampuan menjalankan metode komputasi untuk mengolah data dan menentukan keputusan secara otomatis, perangkat komputasi memungkinkan sistem bekerja dengan akurasi tinggi dan efisiensi optimal.
4. **Output Capability**, Solusi yang ditawarkan memiliki kemampuan untuk dapat memberikan *output* berupa notifikasi atau tindak lanjut yang sesuai dengan keputusan yang diperoleh melalui metode komputasi.

1.2.1.2 Fitur Tambahan

1. **Low Cost**, Solusi yang ditawarkan dirancang dengan mempertimbangkan biaya produksi yang rendah dengan menggunakan komponen-komponen yang ekonomis tapi tetap berkualitas. Biaya yang dikeluarkan untuk membeli komponen harus lebih kecil dari Rp 5.000.000.
2. **Low Energi**, Solusi yang ditawarkan harus dapat memaksimalkan penggunaan energi sekecil mungkin.
3. **Compact Size**, Solusi yang ditawarkan harus memiliki ukuran yang ringkas agar tidak mengganggu kenyamanan pengguna sepeda motor, serta dapat diimplementasi dengan kendaraan dengan ruang kosong terbatas.
4. **Safety and Comfort**, Solusi yang ditawarkan harus tetap memperhatikan kenyamanan pengguna dengan desain yang tidak mengganggu ergonomi dan pengalaman berkendara.
5. **Durability**, Solusi yang ditawarkan harus memiliki ketahanan tinggi terhadap kondisi lingkungan, seperti getaran, benturan, panas, dan kelembapan, agar tetap berfungsi dengan baik dalam berbagai kondisi berkendara.
6. **Completed In Less Than 6 Month**, Solusi yang ditawarkan harus dapat diselesaikan dalam waktu kurang dari 6 bulan.

1.2.2 Usulan Solusi

1.2.2.1 Solusi 1

Sistem pendekripsi penggunaan helm berbasis *fuzzy logic*

Solusi ini memanfaatkan metode logika fuzzy untuk menentukan apakah helm digunakan oleh pengendara sepeda motor. Sistem ini dirancang agar kendaraan hanya dapat dinyalakan jika sistem mendekripsi helm telah dikenakan, sehingga meningkatkan disiplin penggunaan helm secara otomatis. Sistem ini menyelesaikan permasalahan dengan memaksa keterlibatan pengguna dalam mengenakan helm melalui pemrosesan logika fuzzy yang memvalidasi data dari sensor sebelum kendaraan dapat dinyalakan.

Logika fuzzy merupakan metode pemetaan ruang *input* ke ruang *output* dalam bentuk nilai kontinu berdasarkan derajat keanggotaan. Dengan logika ini, suatu kondisi dapat dinilai secara bersamaan dalam derajat "benar" dan "salah",

sehingga sistem dapat mengambil keputusan meskipun data sensor tidak sepenuhnya pasti.

Metode komputasi *Fuzzy Logic* digunakan dalam sistem ini untuk mengatasi kondisi ambiguitas dari data tekanan. Dalam sistem biner konvensional, *input* dianggap hanya memiliki dua keadaan: ada tekanan (1) atau tidak ada tekanan (0). Namun, dalam kenyataan, tekanan yang dihasilkan oleh kepala pengguna dapat bervariasi tergantung ukuran kepala, posisi pemakaian helm, dan jenis bantalan helm. Oleh karena itu, pendekatan fuzzy digunakan untuk memetakan data sensor ke dalam derajat keanggotaan seperti “rendah”, “sedang”, dan “tinggi”.

Sistem pendekripsi helm berbasis *Fuzzy Logic* terdiri dari beberapa komponen utama, komponen yang digunakan sebagai berikut:

1. Sensor Berat/Tekanan: Diletakkan di bagian dalam helm untuk mendekripsi keberadaan kepala pengguna berdasarkan distribusi tekanan.
2. Mikrokontroler: Berfungsi sebagai unit pemrosesan utama yang menjalankan algoritma fuzzy.
3. Aktuator (Relay/Pemutus Arus): Bertugas memutus atau menyambungkan arus ke sistem kelistrikan motor berdasarkan keputusan sistem

Sistem pendekripsi penggunaan helm menggunakan *fuzzy logic* ini memiliki sistem kerja secara umum sebagai berikut:

1. Deteksi Tekanan: Sensor tekanan yang ada di dalam helm akan mendekripsi perubahan tekanan yang terjadi ketika pengendara mengenakan helm. Jika helm dikenakan, sensor akan membaca tekanan yang berasal dari kepala pengendara.
2. Pemrosesan Data: Mikrokontroler menerima data dari sensor tekanan dan mengolahnya menggunakan algoritma *fuzzy logic* untuk mengonversi data tekanan menjadi nilai fuzzy, seperti rendah, sedang, atau tinggi.
3. Pengambilan Keputusan: Berdasarkan aturan *fuzzy logic*, sistem akan menentukan apakah helm dikenakan dengan benar.
 - a. IF tekanan rendah THEN helm tidak dikenakan dengan benar.
 - b. IF tekanan tinggi THEN helm dikenakan dengan benar.

- c. IF tekanan sedang THEN keputusan tidak dapat diambil dengan pasti (verifikasi lebih lanjut diperlukan).
 - 4. *Output:* Berdasarkan keputusan yang diambil, mikrokontroler akan mengendalikan aktuator (relay) untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik ke sistem starter motor.
 - a. Jika helm dikenakan dengan benar, motor dapat dinyalakan.
 - b. Jika helm tidak dikenakan dengan benar, motor tidak dapat dinyalakan atau pengendara akan menerima peringatan melalui lampu indikator atau suara alarm.

Fuzzy logic menggunakan fungsi keanggotaan untuk mengonversi data sensor menjadi nilai fuzzy. Berikut adalah rumus yang digunakan dalam sistem ini:

- #### 1. Fungsi keanggotaan untuk tekanan rendah:

Di mana:

- x adalah nilai tekanan yang terdeteksi.
 - C adalah ambang batas untuk tekanan.

2. Fungsi keanggotaan untuk tekanan tinggi:

Di mana:

- x adalah nilai tekanan yang terdeteksi.
 - C adalah ambang batas untuk tekanan.

Setelah nilai fuzzy dihitung, aturan inferensi fuzzy digunakan untuk menentukan apakah helm dikenakan dengan benar berdasarkan *input* yang diterima dari sensor.

1.2.2.2 Solusi 2

Sistem pendekripsi penggunaan helm berbasis *deep learning*

Solusi kedua yang diajukan adalah Sistem Pendekripsi Penggunaan Helm Berbasis *Deep Learning* menggunakan *Convolutional Neural Networks* (CNN). CNN merupakan salah satu metode dalam *deep learning* yang sering digunakan dalam pengolahan citra, di mana sistem ini akan mendekripsi apakah pengendara sepeda motor mengenakan helm dengan benar melalui pemrosesan gambar secara otomatis. Sistem ini menggunakan kamera untuk menangkap citra pengendara dan kemudian mengklasifikasikan gambar tersebut sebagai pengendara yang menggunakan helm atau tidak. Dengan memanfaatkan kemampuan *deep learning*, sistem ini dapat melakukan klasifikasi citra dengan tingkat akurasi yang tinggi meskipun dalam kondisi pencahayaan yang berbeda atau sudut pandang yang bervariasi.

Sistem pendekripsi helm berbasis *deep learning* menggunakan CNN terdiri dari beberapa komponen utama, komponen yang digunakan sebagai berikut:

1. Kamera: Diletakkan di dekat *dashboard* motor untuk mendekripsi penggunaan helm berdasarkan citra gambar.
2. Mikrokontroler: Berfungsi sebagai pengolah utama yang menerima gambar dari kamera dan menjalankan model CNN untuk mendekripsi apakah pengendara mengenakan helm atau tidak.
3. Aktuator (Relay/Pemutus Arus): Bertugas memutus atau menyambungkan arus ke sistem kelistrikan motor berdasarkan keputusan sistem

Cara kerja sistem pendekripsi penggunaan helm berbasis *deep larning* dengan menggunakan CNN adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan Gambar:

- Kamera yang dipasang di kendaraan akan mengambil gambar pengendara sepeda motor secara real-time saat motor sedang dalam posisi siap digunakan.

- Gambar ini akan mencakup citra pengendara dari berbagai sudut pandang yang mungkin, seperti bagian depan, samping, atau belakang.
2. Pemrosesan Gambar dengan CNN:
- Gambar yang diterima dari kamera akan diproses oleh model CNN yang telah dilatih untuk mengenali pengendara yang menggunakan helm dan yang tidak.
 - CNN akan memproses gambar dalam beberapa lapisan, mulai dari lapisan konvolusi yang mengekstraksi fitur seperti tepi, pola, dan tekstur, hingga lapisan klasifikasi yang menentukan apakah gambar tersebut menunjukkan pengendara yang mengenakan helm atau tidak.
3. Pengambilan Keputusan:
- Berdasarkan *output* dari model CNN, sistem akan membuat keputusan apakah pengendara mengenakan helm atau tidak.
 - IF pengendara mengenakan helm, THEN motor dapat dinyalakan.
 - IF pengendara tidak mengenakan helm, THEN motor tidak dapat dinyalakan atau sistem akan memberikan peringatan kepada pengendara untuk mengenakan helm.
4. *Output*:
- Jika helm dikenakan dengan benar (berdasarkan klasifikasi CNN), sistem akan mengaktifkan aktuator (relay) untuk menyalaikan motor.
 - Jika helm tidak dikenakan dengan benar, motor tidak akan dapat dinyalakan dan pengendara akan menerima peringatan visual (misalnya, lampu indikator atau layar) atau peringatan suara.

CNN bekerja dengan pendekatan berbasis data dan tidak menggunakan rumus matematis sederhana seperti sistem berbasis *fuzzy logic*, beberapa operasi dasar dalam CNN dapat dijelaskan dengan rumus berikut:

1. Operasi Konvolusi: Operasi konvolusi digunakan untuk mengonvolusi gambar dengan filter (kernel) untuk mengekstraksi fitur.

Persamaan konvolusi dasar:

Dj mana:

- I adalah gambar input,
 - K adalah kernel (filter),
 - (x, y) adalah posisi piksel pada output,
 - (m, n) adalah posisi dalam kernel yang digeser.

- ## 2. Fungsi Aktivasi (ReLU):

Setelah konvolusi, hasilnya biasanya melewati fungsi aktivasi untuk menambah non-linearitas dalam jaringan:

Fungsi ReLU ini mengubah nilai negatif menjadi nol dan mempertahankan nilai positif.

- ### 3. Softmax (*Output Layer*):

Setelah melalui beberapa lapisan konvolusi dan *pooling*, *output* akan diproses melalui lapisan softmax untuk menghasilkan probabilitas kelas.

Di mana Z_c adalah skor untuk kelas c dan $\sum_i e^{Z_i}$ adalah jumlah eksponensial dari semua skor kelas.

Dengan menggunakan teknologi *deep learning* berbasis CNN, sistem ini dapat secara otomatis mendeteksi penggunaan helm dengan akurasi yang tinggi, bahkan dalam kondisi lingkungan yang bervariasi. Diharapkan, penerapan solusi ini dapat meningkatkan keselamatan berkendara dan kepatuhan pengendara terhadap penggunaan helm yang sesuai dengan regulasi.

1.2.2.3 Solusi 3

Sistem pendeksi penggunaan helm menggunakan metode komputasi DTW (Dynamic Time Warping)

Solusi ketiga yang diajukan adalah Sistem Pendeksi Penggunaan Helm Menggunakan Metode *Dynamic Time Warping* (DTW). DTW adalah algoritma yang digunakan untuk mengukur kesamaan antara dua rangkaian data waktu yang mungkin memiliki kecepatan atau durasi yang berbeda. Dalam konteks sistem pendeksi helm, DTW akan digunakan untuk mendekksi pola gerakan atau sinyal yang dihasilkan oleh pengendara saat mengenakan helm. Dengan memanfaatkan DTW, sistem ini dapat mendekksi penggunaan helm dengan mengamati pola gerakan atau sinyal lainnya yang terkait dengan pemakaian helm, meskipun terdapat perbedaan dalam durasi atau kecepatan gerakan pengguna.

Sistem ini akan bekerja dengan menggunakan sensor gerakan atau sensor tekanan untuk merekam sinyal atau data gerakan pengguna saat mengenakan helm. Kemudian, data tersebut akan dibandingkan dengan pola referensi menggunakan DTW untuk menentukan apakah helm dikenakan dengan benar.

Sistem pendeksi helm menggunakan metode komputasi DTW terdiri dari beberapa komponen utama, komponen yang digunakan sebagai berikut:

1. **Sensor Gerakan:** Sensor gerakan digunakan untuk merekam pola gerakan yang terjadi saat pengendara mengenakan helm, seperti gerakan kepala atau tangan.
2. **Mikrokontroler:** Berfungsi untuk menerima data dari sensor gerakan dan menjalankan algoritma DTW untuk memproses data dan membandingkannya dengan pola referensi.
3. **Aktuator (Relay/Pemutus Arus):** Bertugas memutus atau menyambungkan arus ke sistem kelistrikan motor berdasarkan keputusan sistem
4. **Pola Referensi (Template):** Pola referensi adalah data gerakan yang telah diketahui dan digunakan sebagai dasar untuk membandingkan gerakan yang dihasilkan oleh pengendara. Pola referensi ini bisa didapat dari pengujian dan

pelatihan sistem dengan data gerakan pengendara yang menggunakan helm dengan benar.

Sistem pendeksi penggunaan helm menggunakan metode komputasi DTW ini memiliki cara kerja sebagai berikut:

1. Pencatatan Sinyal Gerakan:

- Sensor gerakan akan merekam data sinyal atau gerakan yang dilakukan oleh pengendara saat mengenakan helm, seperti gerakan kepala atau posisi tubuh.
- Data yang direkam akan berupa rangkaian waktu yang mencatat gerakan dalam interval waktu tertentu.

2. Penyelarasan Pola Menggunakan DTW:

- Data gerakan yang dihasilkan pengendara akan dibandingkan dengan pola referensi yang telah disiapkan sebelumnya menggunakan algoritma *Dynamic Time Warping* (DTW).
- DTW akan menghitung jarak terpendek antara dua rangkaian data (data gerakan yang direkam dan pola referensi) meskipun terdapat variasi dalam kecepatan atau durasi gerakan.
- DTW menyelaraskan dua urutan data sehingga perbedaan dalam kecepatan atau waktu dapat diperhitungkan, dan kesamaan antara gerakan yang dilakukan pengendara dan pola yang diharapkan dapat diukur.

3. Pengambilan Keputusan:

- Berdasarkan hasil penyelarasan pola menggunakan DTW, sistem akan menilai apakah pengendara mengenakan helm dengan benar. Jika kesamaan antara pola gerakan yang diterima dan pola referensi cukup tinggi, maka helm dianggap dikenakan dengan benar.
- IF kesamaan gerakan tinggi, THEN helm dikenakan dengan benar dan motor dapat dinyalakan.

- IF kesamaan gerakan rendah, THEN helm tidak dikenakan dengan benar dan motor tidak dapat dinyalakan, atau sistem akan memberikan peringatan.

4. Output:

- Jika helm dikenakan dengan benar, aktuator akan mengaktifkan sistem starter motor.
 - Jika helm tidak dikenakan dengan benar, motor tidak akan dapat dinyalakan, dan pengendara akan menerima peringatan berupa indikator visual atau suara untuk memastikan helm dipakai dengan benar.

Pada metode komputasi DTW, diperlukan perhitungan jarak terpendek antara dua urutan data (gerakan atau sinyal) yang berbeda dalam durasi atau kecepatan. Berikut adalah persamaan dasar dalam DTW:

1. Jarak Euclidean antara dua titik a_i dan b_j dalam urutan waktu dihitung dengan rumus:

- ## 2. Matriks DTW:

Matriks DTW $D(i,j)$ digunakan untuk menghitung jarak total antara dua urutan waktu.

Persamaan dasar untuk DTW:

$$D(i,j) = d(a_i - b_j) + mi \ n(D(i-1,j), D(i,j-1), D(i-1,j-1)) \dots \dots \dots 1.7$$

Di mana:

- $D(i,j)$ adalah jarak terpendek antara titik i pada urutan A dan titik j pada urutan B ,
 - $d(a_i, b_j)$ adalah jarak antara titik a_i dan b_j pada urutan masing-masing,
 - \min memilih jalur terpendek untuk menyelaraskan urutan data.

3. Penyelarasan:

Setelah matriks $D(i,j)$ dihitung, DTW akan menemukan jalur dengan jarak terpendek yang menghubungkan kedua urutan, yang memberikan gambaran apakah gerakan pengendara sesuai dengan pola yang diinginkan.

Algoritma DTW akan membandingkan sinyal *input* dari pengguna dengan pola referensi, lalu menghitung tingkat kemiripan serta jalur penyelarasan optimal. Dengan pendekatan ini, sistem dapat mengidentifikasi penggunaan helm bahkan ketika terdapat variasi gerakan atau pola pemakaian antar pengguna.

Sistem pendeksi helm berbasis *Dynamic Time Warping* (DTW) memungkinkan deteksi penggunaan helm yang lebih fleksibel berdasarkan pola gerakan pengendara. Dengan mengandalkan sensor gerakan dan algoritma DTW, sistem ini dapat mendeksi penggunaan helm meskipun ada variasi dalam cara pengendara mengenakan helm. Hal ini mengurangi kemungkinan kesalahan deteksi yang mungkin terjadi dengan sistem berbasis sensor tekanan atau sensor gerakan. Selain itu, solusi ini membantu meningkatkan keselamatan pengendara dengan memastikan helm dikenakan dengan benar sebelum motor dapat dinyalakan.

1.2.3 Analisis Usulan Solusi

Berikut merupakan analisis usulan solusi menggunakan *House of Quality* untuk kebutuhan dari solusi yang diajukan.

Tabel 1. 2 House of Quality

Berdasarkan analisa dengan menggunakan HoQ dari 3 usulan solusi yang diberikan, didapatkan rincian hasil HoQ sebagai berikut:

Solusi 1 :

$$(5 \times 20,3\%) + (5 \times 24,5\%) + (5 \times 36,2\%) + (3 \times 19\%) = 1,01 + \\ 1,23 + 1,81 + 0,57 = 4,62$$

Solusi 2 :

$$(3 \times 20,3\%) + (3 \times 24,5\%) + (3 \times 36,2\%) + (3 \times 19\%) = 0,61 + \\ 0,25 + 1,09 + 0,57 = 3,00$$

Solusi 3 :

$$(3 \times 20,3\%) + (5 \times 24,5\%) + (3 \times 36,2\%) + (3 \times 19\%) = 0,61 + \\ 1,23 + 1,09 + 0,57 = 3,49$$

Rincian Hasil HoQ yang didapatkan dari hubungan kebutuhan sebagai berikut:

1. Low Cost

- *Sensing Capability* (Hubungan Kurang)

Sensing capability yang diperlukan memiliki kemampuan yang baik untuk dapat mengambil *input* data secara *real-time* dan presisi, kebutuhan *sensing capability* yang baik ini ditandai dengan tanda panah ke atas pada tabel HoQ. Namun, *sensing capability* memiliki hubungan yang kurang dengan *low cost*, hal ini karena untuk mencapai kemampuan *sensing capability* yang baik maka diperlukan biaya yang lebih besar juga.

- *Data Processing* (Tidak Ada Hubungan)

Data processing tidak memiliki hubungan karena pemrosesan data menggunakan metode komputasi yang akan diimplementasikan tidak membutuhkan biaya.

- *Computation Capability* (Hubungan Kuat)

Computation capability yang diperlukan memiliki kemampuan yang seminim mungkin menyesuaikan dengan kebutuhan komputasi, kebutuhan *computation capability* yang sesederhana mungkin ditunjukkan dengan

arah panah kebawah pada HoQ. Hubungan antara *computation capability* dan *low cost* tergolong kuat karena semakin sederhana perangkat komputasinya, maka biaya yang dibutuhkan untuk implementasi juga akan semakin rendah.

- *Output Capability* (Hubungan Normal)

Biaya memiliki hubungan yang normal dengan *output capability*, karena untuk implementasi *output* tidak membutuhkan biaya komponen setinggi pada *sensing capability*.

2. Low Energi

- *Sensing Capability* (Hubungan Normal)

Sensing capability memiliki hubungan biasa dengan efisiensi energi, karena beberapa jenis sensor, terutama yang beroperasi secara *real-time*, tetap membutuhkan konsumsi daya yang cukup meskipun tidak terlalu besar.

- *Data Processing* (Hubungan Kuat)

Data processing memiliki hubungan yang kuat dengan aspek *low energy*. Semakin efisien algoritma dan metode pemrosesan data yang digunakan, maka semakin kecil pula konsumsi daya sistem secara keseluruhan. Implementasi teknik komputasi ringan dapat membantu menjaga penggunaan energi tetap minimal.

- *Computation Capability* (Hubungan Kuat)

Computation capability sangat berkaitan erat dengan efisiensi energi. Penggunaan perangkat komputasi yang lebih sederhana akan memiliki konsumsi daya yang lebih rendah. Oleh karena itu, hubungan antara *computation capability* dan *low energy* tergolong kuat.

- *Output Capability* (Hubungan Kurang)

Output capability memiliki hubungan yang kurang dengan *low energy*, karena *low energy* memiliki prioritas normal dan *output capability* yang diperlukan memiliki tingkat prioritas tinggi yang ditunjukkan dengan

tanda panah ke atas pada tabel HoQ. Sehingga untuk konsumsi energi akan cukup besar.

3. Compact Size

- *Sensing Capability* (Hubungan Normal)

Sensing capability memiliki hubungan normal dengan kebutuhan alat berukuran ringkas, karena komponen sensor yang digunakan umumnya berukuran kecil dan mudah diintegrasikan ke dalam sistem dengan dimensi terbatas.

- *Data Processing* (Tidak Ada Hubungan)

Data processing tidak memiliki hubungan langsung dengan ukuran fisik sistem. Proses pemrosesan data lebih berkaitan dengan perangkat lunak atau logika pemrograman, sehingga tidak terlalu mempengaruhi dimensi perangkat keras secara signifikan.

- *Computation Capability* (Hubungan Normal)

Computation capability memiliki hubungan normal dengan ukuran alat yang kecil, Hal ini disebabkan oleh penggunaan perangkat komputasi seperti mikrokontroler yang dipilih berdasarkan kesesuaian dengan kebutuhan sistem, di mana semakin sederhana dan efisien perangkat yang digunakan, maka dimensi keseluruhan perangkat juga dapat diminimalkan sehingga tetap mendukung desain yang ringkas.

- *Output Capability* (Tidak Ada Hubungan)

Output capability tidak menunjukkan hubungan langsung dengan ukuran perangkat. Karena komponen *output* yang diperlukan tidak selalu terintegrasi dalam unit utama dan dapat dipasang secara terpisah, sehingga tidak mempengaruhi dimensi utama perangkat keras secara langsung.

4. Safety and Comfort

- *Sensing Capability* (Hubungan Kurang)

Sensing capability memiliki tingkat keterkaitan yang rendah terhadap aspek kenyamanan dan keselamatan pengguna. Meskipun komponen sensor berperan penting dalam mendeteksi penggunaan helm secara *real-*

time, keberadaannya umumnya tidak memberikan pengaruh langsung terhadap kenyamanan fisik maupun keselamatan berkendara, selama penempatannya dilakukan dengan mempertimbangkan aspek ergonomi.

- *Data Processing* (Tidak Ada Hubungan)

Data processing tidak berpengaruh secara langsung terhadap kenyamanan atau keselamatan pengguna, karena proses ini terjadi secara internal dalam sistem dan tidak melibatkan interaksi fisik dengan pengguna.

- *Computation Capability* (Tidak Ada Hubungan)

Computation capability tidak memiliki hubungan langsung dengan aspek *safety and comfort*, karena komponen komputasi yang digunakan tidak langsung terhubung dengan pengguna, sehingga tidak memberikan pengaruh terhadap kenyamanan penggunaan maupun keselamatan secara fisik.

- *Output Capability* (Hubungan Normal)

Output capability memiliki hubungan normal dengan aspek kenyamanan dan keselamatan. Karena *output capability* yang dibutuhkan dapat meningkatkan keselamatan pengguna, dan komponen yang digunakan tidak mempengaruhi pengguna secara langsung sehingga tidak mengganggu kenyamanan.

5. Durability

- *Sensing Capability* (Hubungan Kurang)

Sensing capability memiliki hubungan yang kurang dengan *durability*, karena komponen sensor yang dibutuhkan perlu untuk dapat bertahan pada kondisi tertentu seperti guncangan, panas, dan hujan untuk dapat meningkatkan ketahanan sistem. Namun secara umum hubungannya tidak terlalu signifikan terhadap keseluruhan ketahanan sistem.

- *Data Processing* (Tidak Ada Hubungan)

Data processing berjalan secara internal dalam perangkat lunak dan tidak terpengaruh langsung oleh kondisi lingkungan eksternal. Oleh karena itu,

fitur *data processing* tidak memiliki hubungan langsung dengan aspek *durability* dari perangkat keras.

- *Computation Capability* (Hubungan Kurang)

Computation capability memiliki hubungan yang kurang terhadap *durability*. Meskipun mikrokontroler atau sistem komputasi lainnya akan terus digunakan dalam berbagai kondisi, namun secara umum, komponen ini relatif stabil dan tidak secara langsung dipengaruhi oleh perubahan lingkungan kecuali dalam kasus ekstrem. Namun, tetap diperlukan *casing* atau pelindung tambahan agar performanya tetap optimal.

- *Output Capability* (Hubungan Kurang)

Output capability memiliki hubungan yang kurang dengan *durability*, karena komponen aktuator yang digunakan tidak langsung terkena lingkungan eksternal. Namun, komponen *output* tetap dapat terpengaruh oleh getaran sehingga memiliki sedikit hubungan dengan *durability*.

6. *Compleated In Less 6 Month*

- *Sensing Capability* (Tidak Ada Hubungan)

Sensing capability tidak memiliki hubungan langsung dengan waktu penyelesaian proyek. Selama komponen sensor yang dibutuhkan tersedia di pasaran dan kompatibel dengan sistem, implementasinya tidak memerlukan waktu yang signifikan dalam proses pengembangan.

- *Data Processing* (Hubungan Kuat)

Data processing memiliki hubungan kuat dengan waktu penyelesaian, karena metode komputasi yang diharapkan adalah metode komputasi ringan yang ditandai dengan tanda panah ke bawah pada tabel HoQ. Kompleksitas dalam *data processing* atau metode komputasi yang digunakan sangat berpengaruh terhadap waktu penyelesaian alat.

- *Computation Capability* (Tidak Ada Hubungan)

Computation capability tidak memiliki hubungan dengan waktu pengrajaan alat, karena komponen yang digunakan untuk menjalankan

komputasi diperlukan pada saat melakukan implementasi metode komputasi.

- *Output Capability* (Tidak Ada Hubungan)

Output capability tidak memiliki hubungan langsung dengan waktu pengerjaan, karena komponen *output*. Beroperasi pada saat sudah selesai dan siap untuk digunakan.

7. Solusi 1

- *Sensing Capability* (Hubungan Kuat)

Solusi 1 memiliki hubungan kuat dengan *sensing capability* karena semakin bagus komponen sensor yang digunakan akan meningkatkan keakuratan dari pembacaan sensor dan meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan.

- *Data Processing* (Hubungan Kuat)

Solusi 1 memiliki hubungan kuat dengan *data processing*, dimana pada HoQ fitur *data processing* memiliki tanda panah kebawah sehingga semakin sederhana metode komputasi yang digunakan maka akan semakin baik. Metode komputasi *fuzzy logic* memiliki kompleksitas yang sederhana sehingga memiliki hubungan yang kuat dengan *data processing*.

- *Computation Capability* (Hubungan Kuat)

Solusi 1 memiliki hubungan kuat dengan *computation capability*, karena *computation capability* pada tabel HoQ memiliki tanda panah kebawah, dimana komponen komputasi yang digunakan yang diperlukan merupakan komponen yang sesederhana mungkin. Untuk solusi 1 menggunakan *fuzzy logic* dapat menggunakan komponen yang lebih sederhana dibandingkan dengan solusi lainnya karena metode komputasi yang digunakan memiliki kompleksitas yang tidak terlalu tinggi dan tidak memerlukan komponen komputasi yang terlalu bagus.

- *Output Capability* (Hubungan Normal)

Solusi 1 dan *output capability* memiliki hubungan normal, karena komponen *output* yang digunakan cukup sederhana dan memiliki harga

yang tidak terlalu tinggi. *Output capability* atau komponen *output* yang digunakan juga tidak mengganggu pengguna karena tidak langsung memiliki kontak fisik dengan pengguna.

8. Solusi 2

- *Sensing Capability* (Hubungan Normal)

Sensing capability untuk Solusi 2 memiliki hubungan normal dengan sistem ini, yang berarti bahwa meskipun kemampuan sensor cukup penting, tidak ada ketergantungan yang terlalu kuat pada komponen sensor. Solusi ini lebih mengandalkan pemrosesan citra menggunakan CNN untuk mendeteksi penggunaan helm. Sensor yang digunakan dalam solusi ini, seperti kamera, akan menyediakan data citra yang kemudian diproses lebih lanjut.

- *Data Processing* (Hubungan Normal)

Solusi 2 memiliki hubungan normal dengan *data processing*, karena metode komputasi CNN memiliki kompleksitas yang cukup tinggi, proses pengolahan citra pada metode komputasi CNN juga cukup rumit dan tidak semudah yang tampak.

- *Computation Capability* (Hubungan Normal)

Solusi 2 memiliki hubungan normal dengan *computation capability*, karena meskipun menggunakan CNN, kebutuhan akan perangkat keras yang sangat kuat tidak terlalu tinggi. CNN membutuhkan pemrosesan data gambar yang lebih intensif, namun komputasi yang dibutuhkan masih berada dalam kisaran yang dapat dikelola oleh perangkat dengan kapasitas menengah seperti Raspberry Pi.

- *Output Capability* (Hubungan Normal)

Solusi 2 dan *output capability* memiliki hubungan normal, karena komponen *output* yang digunakan cukup sederhana dan memiliki harga yang tidak terlalu tinggi. *Output capability* atau komponen *output* yang digunakan juga tidak mengganggu pengguna karena tidak langsung memiliki kontak fisik dengan pengguna.

9. Solusi 3

- *Sensing Capability* (Hubungan Normal)

Sensing capability untuk Solusi 3 memiliki hubungan normal dengan sistem. Sensor gerakan yang digunakan dalam solusi ini (misalnya, sensor akselerometer atau giroskop) memang penting untuk mendeteksi pola gerakan pengendara. Namun, tidak ada ketergantungan yang sangat kuat pada akurasi sensor untuk deteksi helm. Sistem ini lebih bergantung pada pola gerakan pengendara dan bagaimana gerakan tersebut diselaraskan dengan pola referensi menggunakan DTW.

- *Data Processing* (Hubungan Kuat)

Solusi 3 dan *data processing* memiliki tingkat hubungan yang normal, karena metode komputasi DTW yang digunakan merupakan metode komputasi yang cukup kompleks, dimana diperlukan perhitungan matematis yang kompleks antara dua data. Sistem ini sangat bergantung pada algoritma penyelarasan yang memerlukan pemrosesan data yang lebih intensif.

- *Computation Capability* (Hubungan Normal)

Solusi 3 memiliki hubungan normal dengan *computatuin capability*, karena komponen komputasi yang digunakan untuk menjalankan metode komputasi pada solusi 3 merupakan komponen tingkat menengah karena perlu untuk menjalankan perhitungan yang lebih kompleks dibandingkan dengan *fuzzy logic*.

- *Output Capability* (Hubungan Normal)

Solusi 1 dan *output capability* memiliki hubungan normal, karena komponen *output* yang digunakan cukup sederhana dan memiliki harga yang tidak terlalu tinggi. *Output capability* atau komponen *output* yang digunakan juga tidak mengganggu pengguna karena tidak langsung memiliki kontak fisik dengan pengguna.

1.2.4 Solusi yang Dipilih

Setelah melakukan analisis menggunakan *House of Quality* (HoQ), dapat disimpulkan bahwa Solusi 1 (Sistem Pendeksi Penggunaan Helm Berbasis *Fuzzy Logic*) memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan dua solusi lainnya yang diusulkan. Solusi 1 juga dianggap sebagai solusi yang paling efisien, hemat biaya, dan *reliable* untuk diterapkan, berdasarkan aspek-aspek yang telah ditentukan dalam *House of Quality*.

Solusi pertama menawarkan sistem deteksi helm yang menggunakan sensor tekanan untuk mendekripsi apakah helm dikenakan dengan benar. Sistem ini memberikan keuntungan dengan memanfaatkan *fuzzy logic*, yang memungkinkan pengolahan data sensor yang fleksibel meskipun ada ketidakpastian dalam pembacaan tekanan. *Fuzzy logic* memungkinkan sistem ini untuk memproses data sensor dengan cara yang sederhana, namun cukup efektif dalam menangani berbagai kondisi pemakaian helm, seperti helm yang dipasang miring atau longgar.

Selanjutnya, Solusi 1 juga menawarkan keamanan tambahan dengan cara memberikan perhatian visual atau suara kepada pengendara melalui indikator visual (lampa indikator) atau alarm suara jika helm tidak dikenakan dengan benar. Hal ini meningkatkan keselamatan pengendara dengan memastikan bahwa helm selalu dikenakan dengan benar sebelum motor dapat dinyalakan.

Proses ini didukung oleh metode komputasi *fuzzy logic* yang bekerja dengan mengonversi data sensor tekanan menjadi nilai fuzzy, yang kemudian digunakan untuk membuat keputusan berdasarkan aturan IF-THEN. Mikrokontroler bertindak sebagai pengendali utama, mengelola pengolahan data dari sensor dan memutuskan apakah motor dapat dinyalakan atau tidak berdasarkan kondisi helm.

Dengan biaya implementasi yang relatif rendah dan komponen yang sederhana seperti sensor tekanan dan mikrokontroler, Solusi 1 menjadi solusi yang sangat tepat untuk sistem dengan anggaran terbatas, namun tetap efektif dan aman digunakan.