

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan Masalah

Menurut data Badan Pusat Statistik yang bersumber dari Polresta Padang, angka kecelakaan lalu lintas di Kota Padang selama periode 2021 hingga 2022 menunjukkan peningkatan signifikan. Pada tahun 2021, tercatat 687 kasus kecelakaan lalu lintas, sedangkan pada 2022 jumlahnya melonjak menjadi 913 kasus. Korban dengan luka ringan juga mengalami peningkatan, dari 976 orang pada 2021 menjadi 1.361 orang pada 2022. Korban dengan luka berat turut meningkat sedikit, dari 56 orang pada 2021 menjadi 68 orang pada 2022. Namun, jumlah korban meninggal dunia justru menurun, dari 60 orang pada 2021 menjadi 52 orang pada 2022. Wilayah kota Padang terkhusus di daerah sitinjau lauik memiliki tingkat kecelakaan yang tinggi karena merupakan jalur lintas antar kota dan kabupaten, serta sering dilalui oleh kendaraan berat. Di samping itu, kawasan perkotaan di Kota Padang juga memiliki intensitas lalu lintas yang padat, sehingga rentan terhadap kecelakaan [1].

Dengan meningkatnya angka kecelakaan setiap tahun, masalah ini menjadi sangat mendesak untuk segera diselesaikan karena dampaknya yang signifikan, seperti meningkatnya jumlah korban jiwa, cedera serius, kerugian ekonomi akibat biaya perawatan dan perbaikan, serta gangguan pada aktivitas masyarakat dan arus transportasi. Pemanfaatan teknologi informasi teknik komputer menjadi inovasi yang baik dalam mengatasi permasalahan kecelakaan ini, karena data dari berbagai faktor penyebab kecelakaan dapat diproses secara real-time dan terhubung dengan perangkat lain. Pemantauan faktor-faktor penyebab kecelakaan melalui perkembangan teknologi, yang melibatkan perancangan software dan penggunaan mikrokontroler, akan menawarkan solusi inovatif yang layak diterapkan.

1.1.1 Informasi Pendukung Masalah

Direktorat Lalu Lintas (Ditlantas) Polda Sumatera Barat mencatat bahwa kelelahan dan mengantuk menjadi penyebab utama kecelakaan selama Operasi Ketupat Singgalang 2023, dengan 68 kecelakaan, termasuk 20 di wilayah Polresta Padang. Korban mencakup enam meninggal, tujuh luka berat, dan 111 luka ringan, dengan kerugian material sebesar Rp 263.910.000. Faktor lain penyebab kecelakaan meliputi mendahului sembarangan sebanyak 19 kejadian, tidak mengutamakan pejalan kaki sebanyak 8 kejadian, melebihi batas kecepatan sebanyak 5 kejadian, dan tidak menjaga jarak aman sebanyak 2 kejadian.[3]

Selain itu jalur nasional di Sitinjau Lauik di kota Padang, yang menghubungkan Padang dengan Solok, dikenal sangat rawan kecelakaan. Pada Rapat Koordinasi Forum Komunikasi Lalu Lintas yang diadakan di Kantor PT Jasa Raharja Cabang Sumatera Barat pada 24 Juli 2024, terungkap bahwa terdapat berbagai faktor penyebab kecelakaan di jalur tersebut. Kanit Penegakan Hukum Polresta Padang, Iptu Zulkifli, menjelaskan bahwa faktor utama yang berkontribusi adalah pengemudi yang mengantuk.[4]

Terdapat pihak-pihak yang berkepentingan dalam permasalahan ini seperti pengemudi dan keluarga pengemudi. Sebelumnya telah terdapat solusi untuk menyelesaikan permasalahan kecelakaan ini. Smartwatch dapat digunakan untuk memantau kondisi kantuk pengemudi. Namun *Smartwatch* memiliki beberapa kekurangan yaitu penempatan dan ukuran jam tangan yang kurang tepat mengakibatkan kesalahan pengambilan data oleh sensor, pengguna dengan penyakit tertentu dapat menyebabkan kesalahan pengambilan data, serta ukuran layar *Smartwatch* yang kecil juga mengganggu kegunaan perangkat[2].

Maka perlu solusi lain dengan menerapkan sistem pemantauan berbasis teknologi informasi teknik komputer. Sehingga pihak-pihak yang terkait dapat memantau kondisi penyebab kecelakaan melalui smartphone dengan baik. Jika kondisi faktor-faktor tersebut melewati ambang batas yang telah ditetapkan dan dianggap berbahaya, sistem akan mengirimkan informasi ke smartphone yang dapat diakses oleh pihak terkait, serta memberikan peringatan kepada pengemudi. Data yang terkumpul di smartphone juga dapat digunakan oleh keluarga dan dapat

ditindaklanjuti dengan tindakan yang tepat, seperti pemberian peringatan kepada pengemudi.

1.1.1.1 Penelitian Sebelumnya

Pada bagian 1.1.1 Informasi Pendukung Masalah, disebutkan penyebab utama kecelakaan berkendara adalah pengemudi yang mengantuk. Berbagai penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa mengantuk dapat menyebabkan kecelakaan fatal, serta mengidentifikasi berbagai indikasi yang muncul saat pengemudi mengalami kantuk.

Pada [18] kantuk dapat berdampak serius pada kinerja, kewaspadaan, ingatan, konsentrasi, dan waktu reaksi dalam mengemudi. Pengemudi yang mengantuk memiliki risiko lebih tinggi untuk mengalami kecelakaan, cedera, atau kematian, sehingga pengemudi yang mengantuk perlu mendapatkan perhatian khusus dalam upaya pencegahan dan penanganan masalah kantuk saat mengemudi [18].

Beberapa metode dapat digunakan untuk mendeteksi kantuk pada pengemudi. Metode pertama adalah *vehicle-based measures*, yaitu dengan memonitor kendaraan[20], metode kedua adalah *behavioral measures*, yaitu dengan memonitor pergerakan pengemudi[21], dan metode ketiga adalah *physiological measures*, yaitu dengan memonitor kondisi psikologis pengemudi[22]. Dan pada penelitian [34] menyimpulkan bahwa kantuk memiliki kaitan yang erat terhadap pergerakan pengemudi dan menjadi parameter terbaik dalam mendeteksi kantuk[34].

Tanda lain yang menunjukkan bahwa pengemudi berada dalam kondisi kantuk yang berat adalah *microsleep*. Pengemudi menunjukkan penurunan signifikan dalam kontrol kendaraan selama terjadinya *microsleep*, terutama pada segmen jalan yang melengkung. Penurunan performa berkendara ini berkorelasi dengan durasi *microsleep*, yang dapat berlangsung antara 3 hingga 10 detik [23][24].

Secara umum, orang dewasa berkedip sebanyak 10 hingga 15 kali per menit, dengan durasi kedipan berkisar antara 100 hingga 400 milidetik yang menandakan kondisi tidak mengantuk[25]. Pada kondisi mengantuk, frekuensi kedipan dapat meningkat menjadi 20 hingga 30 kali per menit [26]. Sebuah percobaan yang dilakukan pada 20 orang menunjukkan bahwa rata-rata durasi kedipan pada kondisi

normal adalah 0,335 detik setiap kedipan, sedangkan pada kondisi mengantuk, durasi kedipan rata-rata meningkat menjadi 0,879 detik [27]. Selang waktu antara dua kedipan adalah sekitar 4 detik, dengan waktu elips setiap kedipan berkisar antara 0,1 hingga 0,3 detik pada kondisi normal.[28]

1.1.2 Analisis Masalah

Analisis permasalahan memiliki beberapa aspek yang harus diperhatikan dan terdapat beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari berbagai aspek apabila permasalahan kecelakaan akibat kantuk pengemudi berhasil diselesaikan:

1. **Konstrain Ekonomi** :Masyarakat yang terhindar dari kecelakaan dapat lebih produktif dan tetap berkontribusi pada kegiatan ekonomi tanpa gangguan.
2. **Konstrain Lingkungan** : Penurunan kecelakaan mengurangi kerusakan komponen kendaraan yang akhirnya mengurangi jumlah limbah otomotif yang harus dikelola.
3. **Konstrain Sustainability** : Pengurangan kecelakaan akibat kantuk pengemudi mendukung keberlanjutan sistem transportasi dengan meminimalkan kerugian ekonomi dan sosial serta mengurangi biaya perawatan dan pemulihan.
4. **Konstrain Etika** : Sistem yang memperingatkan pengemudi saat mereka mengantuk dapat meningkatkan rasa tanggung jawab pengemudi, sehingga lebih sedikit pelanggaran etis yang terjadi di jalan.
5. **Konstrain Kesehatan dan keselamatan** : Dengan mengurangi kecelakaan, jumlah korban yang menderita cedera serius atau kematian akibat kantuk pengemudi dapat diminimalkan.
6. **Konstrain Hukum** : Dengan adanya teknologi yang mendeteksi kantuk pengemudi, pelanggar aturan lalu lintas bisa lebih mudah diidentifikasi dan ditindak, meningkatkan kepatuhan hukum.

1.1.3 Kebutuhan yang harus dipenuhi

Berdasarkan analisis masalah untuk mengatasi kecelakaan lalu lintas dengan cara memonitor kondisi kantuk pengemudi guna meningkatkan keamanan berkendara

dan keselamatan lalu lintas, kebutuhan sistem yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

1. Alat harus mampu mendeteksi indikasi atau tanda-tanda kantuk yang dialami oleh pengemudi secara akurat.
2. Alat harus dapat menampilkan tingkat kantuk pengemudi secara real-time pada smartphone keluarga, berdasarkan hasil deteksi tanda-tanda kantuk, untuk meningkatkan keselamatan berkendara.
3. Alat harus mampu memberikan peringatan dini kepada pengemudi dan juga keluarga jika terdeteksi pengemudi dalam kondisi mengantuk.
4. Alat harus mampu menyimpan dan mengirimkan data sensor ke *cloud server* melalui jaringan internet, mendukung integrasi *IoT* yang dapat diakses melalui perangkat seperti *smartphone*, tablet, atau laptop
5. Alat harus mudah digunakan dan mudah diakses oleh pengemudi dengan antarmuka yang jelas dan mudah dipahami.

1.1.4 Tujuan

Berdasarkan analisis masalah dan kebutuhan yang telah diuraikan, didapatkan tujuan adalah merancang dan mengembangkan alat yang dapat membantu mengurangi tingkat kecelakaan lalu lintas. Dimana alat akan merekam kondisi kantuk pengemudi serta alat juga akan terhubung secara *real-time* dengan keluarga. Sehingga mereka dapat memantau kondisi pengemudi. Dengan demikian, diharapkan alat ini dapat memberikan solusi yang efektif dalam meningkatkan keselamatan pengemudi, sekaligus mencegah potensi kecelakaan sejak dini dengan cara deteksi kantuk dan memberikan peringatan sehingga pengemudi dapat menyadari bahwa mereka sedang dalam kondisi mengantuk yang dapat membahayakan dirinya dan juga lingkungan sekitar.

1.2 Solusi

Solusi yang diharapkan adalah alat yang mampu membantu mengurangi tingkat kecelakaan yang disebabkan oleh faktor kondisi kantuk pengemudi, sehingga dapat meningkatkan keselamatan. Perubahan kondisi kantuk yang terdeteksi akan

dikirimkan ke *smartphone stakeholder* melalui notifikasi. Dengan solusi ini, diharapkan *stakeholder* dapat lebih efektif dalam meminimalkan risiko kecelakaan, meningkatkan kesadaran pengemudi, dan mencegah kerugian yang mungkin timbul di kemudian hari.

1.2.1 Karakteristik Produk

1.2.1.1 Fitur Dasar

- a. Kinerja Komputasi (*Computing Performance*): Diperlukan kinerja komputasi yang baik, terutama pada mikrokontroler atau *Single Board Computer*. Mikrokontroler atau *SBC* harus mampu memproses data dari sensor dan mengirimkannya ke perangkat ponsel tanpa penundaan. Kecepatan pengiriman data, kapasitas memori, dan kemampuan komputasi mikrokontroler atau *SBC* harus sesuai dengan beban pemrosesannya.
- b. Kemampuan Deteksi (*Sensing Capability*): Alat pendeteksi harus mampu mendeteksi perubahan lingkungan secara akurat, memiliki sensitivitas yang memadai, dan beroperasi andal.
- c. Kemampuan Notifikasi (*Notifications Capability*): Alat harus mampu mengirimkan data dengan cepat ke ponsel pihak terkait dalam bentuk pesan teks atau notifikasi peringatan.
- d. Metode komputasi (*Computational Methods*) : Alat menggunakan metode komputasi deep learning ataupun komputasi berbasis aturan (*rule based*)

1.2.1.2 Fitur Tambahan

- a. Keamanan (*Safety*): Alat harus dirancang dengan mempertimbangkan faktor keamanan yang tinggi, memastikan bahwa sistem mampu memberikan peringatan yang tepat waktu dan akurat untuk mencegah potensi bahaya.
- b. Kenyamanan (*Comfort*): Sistem harus nyaman digunakan oleh pengemudi tanpa mengganggu aktivitas mengemudi.
- c. Kemudahan (*Convenience*): Alat harus mudah dipasang dan dioperasikan, dengan antarmuka yang sederhana dan mudah digunakan sehingga pengemudi dan keluarga dapat mengakses dan memantau sistem dengan mudah.

d. Jaringan (*Networking*): Alat harus memiliki koneksi nirkabel untuk pengiriman notifikasi ke ponsel, serta fitur keamanan data untuk melindungi informasi komunikasi.

e. Sumber Daya (*Resource*): Komponen yang dibutuhkan harus mudah ditemukan di pasaran.

f. Biaya Rendah (*Low Cost*): Biaya komponen yang digunakan harus seminimal mungkin.

1.2.2 Usulan Solusi

1.2.2.1 Solusi 1: Sistem Pendeteksi Kantuk pada Pengemudi Mobil Berbasis IoT dengan Sensor Infrared dan Fuzzy Logic

Sensor infrared dipasang pada kacamata yang harus dikenakan oleh pengemudi. Cara kerja sensor infrared dalam mendeteksi kantuk pada pengemudi didasarkan pada pemantulan cahaya infrared dari mata pengemudi dan perubahan perilaku mata. Sensor infrared memancarkan cahaya yang tak terlihat oleh mata manusia ke arah mata pengemudi, dan cahaya tersebut akan dipantulkan kembali. Pantulan ini berbeda tergantung pada apakah mata pengemudi terbuka atau tertutup. Ketika mata terbuka, pantulan cahaya memiliki karakteristik yang berbeda dari saat mata tertutup karena perubahan pada permukaan yang terkena cahaya. Sensor kemudian menangkap pantulan tersebut, sehingga nantinya frekuensi kedipan dan juga durasi kedipan mata dapat dianalisis. Jika frekuensi dan durasi kedipan mata melebihi rentang nilai normal yaitu frekuensi lebih dari 10–15 kali per menit dan durasi kedipan lebih dari 0,1–0,4 detik secara rata-rata per menit maka sistem akan mengidentifikasi bahwa pengemudi berada dalam kondisi mulai kantuk atau sangat kantuk. Jika ini terjadi, mikrokontroler akan memicu peringatan berupa notifikasi seperti "Pengemudi mengantuk" ke perangkat *smartphone* keluarga. Selain itu, sistem juga memberikan peringatan suara untuk mengingatkan pengemudi secara langsung. Teknologi ini efektif karena kantuk biasanya menyebabkan frekuensi kedipan mata yang lebih banyak dari biasanya, sehingga menyebabkan pengemudi kurang fokus, dan sensor infrared dapat mengenali fenomena ini dengan cepat dan akurat. Prediksi frekuensi kedipan mata ini ditentukan oleh *fuzzy logic*, dimana frekuensi kedipan mata dibagi menjadi 3 bagian, yaitu rendah, sedang, dan tinggi.

Fuzzy logic dipilih dalam sistem prediksi karena karena kemampuannya untuk menangani ketidakpastian dan variasi dalam data. Dalam sistem ini, frekuensi dan durasi kedipan mata tidak selalu berada dalam batasan nilai pasti, melainkan dalam rentang tertentu. Pada frekuensi dan durasi kedipan mata tertentu, *Fuzzy logic* memungkinkan rentang ini didefinisikan sebagai fungsi keanggotaan yang memetakan setiap nilai dalam rentang tersebut ke dalam kategori kantuk dengan bobot tertentu, memberikan interpretasi yang lebih fleksibel daripada batasan tegas. Dengan pendekatan ini, perubahan kecil dalam frekuensi kedipan mata dapat diperhitungkan untuk memprediksi kapan pengemudi mungkin dalam kondisi mengantuk, sehingga sistem dapat mengirimkan notifikasi atau peringatan lebih awal melalui platform *IoT*. Hal ini berbeda dengan metode konvensional yang hanya memberi hasil dalam bentuk biner (baik atau buruk), yang dapat kurang responsif terhadap perubahan bertahap. Selain itu, aturan fuzzy yang mudah diprogram membuat sistem lebih efisien untuk dijalankan di perangkat *IoT* dengan sumber daya terbatas, sehingga metode *fuzzy logic* memungkinkan sistem untuk memberikan peringatan kantuk secara bertahap, memberikan informasi yang lebih relevan dan sesuai dengan kondisi dunia nyata.

1.2.2.2 Solusi 2: Sistem Pendeteksi Kantuk pada Pengemudi Berbasis *Deep Learning System*

Solusi ini menggunakan pendekatan *deep learning* untuk mendeteksi kantuk pada pengemudi. Sistem ini mempelajari pola perilaku pengemudi, seperti frekuensi berkedip dan posisi kepala, melalui data yang diambil dari kamera. Berdasarkan pola tersebut, algoritma *deep learning* akan mengklasifikasikan apakah pengemudi berada dalam kondisi mengantuk atau tidak.

Jika sistem mendeteksi bahwa pengemudi mulai mengantuk sistem akan segera mengirimkan notifikasi ke perangkat *smartphone* keluarga. Notifikasi ini berisi informasi mengenai kondisi spesifik yang terdeteksi, seperti "Pengemudi mengantuk". Hal ini memungkinkan keluarga untuk mengambil tindakan cepat guna mencegah potensi kecelakaan seperti menghubungi pengemudi untuk segera berhenti dan beristirahat.

Pada sistem deteksi kantuk berbasis *deep learning*, menggunakan metode komputasi *Convolutional Neural Network (CNN)* dengan menganalisis gambar wajah pengemudi yang diambil secara *real-time* oleh kamera. *CNN* adalah jenis jaringan saraf tiruan yang dirancang khusus untuk mengenali pola-pola dalam data visual. Ketika kamera menangkap gambar wajah pengemudi, data ini diproses melalui beberapa lapisan dalam *CNN*, yang masing-masing memiliki peran unik. Lapisan awal (*convolutional layers*) bertugas mengekstraksi fitur-fitur dasar dari gambar, seperti tepi, sudut, dan tekstur, yang merupakan bagian-bagian penting dari wajah, seperti mata dan mulut.

Setelah fitur dasar teridentifikasi, lapisan berikutnya menggabungkan informasi tersebut untuk mendeteksi pola yang lebih kompleks, seperti posisi dan bentuk mata, serta arah kepala. Pola-pola ini penting karena tanda-tanda kantuk, seperti mata yang sering tertutup dan kepala yang cenderung miring, dapat diidentifikasi melalui pergerakan atau posisi wajah. *CNN* kemudian mengirimkan hasil analisis ini ke lapisan terakhir, yaitu lapisan klasifikasi, yang akan menentukan apakah pengemudi berada dalam kondisi mengantuk atau tidak.

1.2.2.3 Solusi 3: Sistem Pendeteksi Kantuk pada Pengemudi Mobil Berbasis IoT dengan Sensor Ultrasonic dan *Fuzzy Logic*

Solusi ini menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi kantuk pada pengemudi dengan memantau posisi kepala pengemudi. Sensor ultrasonik bekerja dengan mengukur jarak antara objek, yaitu kepala pengemudi dengan kemudi yang dapat mengindikasikan kantuk. Jika sensor mendeteksi bahwa kepala pengemudi mulai menunduk atau ada pola gerakan yang tidak stabil, sistem akan menganalisis kondisi tersebut sebagai tanda-tanda kantuk dan mengirimkan peringatan kepada pengemudi melalui alarm atau notifikasi ke perangkat yang terhubung.

Selain itu, jika sensor ultrasonik mendeteksi bahwa posisi kepala berada di luar batas aman, platform *IoT* akan mengirimkan notifikasi "Pengemudi Mengantuk." Prediksi batas postur tubuh ini ditentukan oleh *fuzzy logic*, dimana jarak posisi kepala dengan kemudi dibagi menjadi 3 bagian, yaitu normal, sedang, dan dekat.

Fuzzy logic dipilih dalam sistem prediksi karena karena kemampuannya untuk menangani ketidakpastian dan variasi dalam data. Dalam sistem ini, postur tubuh tidak selalu berada dalam batasan nilai pasti, melainkan dalam rentang tertentu. Pada postur tubuh tertentu, *Fuzzy logic* memungkinkan rentang ini didefinisikan sebagai fungsi keanggotaan yang memetakan setiap nilai dalam rentang tersebut ke dalam kategori kantuk dengan bobot tertentu, memberikan interpretasi yang lebih fleksibel daripada batasan tegas. Dengan pendekatan ini, perubahan kecil dalam postur tubuh dapat diperhitungkan untuk memprediksi kapan pengemudi mungkin dalam kondisi mengantuk, sehingga sistem dapat mengirimkan notifikasi atau peringatan lebih awal melalui platform *IoT*. Hal ini berbeda dengan metode konvensional yang hanya memberi hasil dalam bentuk biner (baik atau buruk), yang dapat kurang responsif terhadap perubahan bertahap. Selain itu, aturan fuzzy yang mudah diprogram membuat sistem lebih efisien untuk dijalankan di perangkat *IoT* dengan sumber daya terbatas, sehingga metode *fuzzy logic* memungkinkan sistem untuk memberikan peringatan kantuk secara bertahap, memberikan informasi yang lebih relevan dan sesuai dengan kondisi dunia nyata.

1.2.3 Analisis Usulan Solusi

Untuk mengetahui usulan solusi terbaik maka diperlukan suatu analisa terhadap solusi yang telah dipaparkan sebelumnya, metode analisis yang digunakan adalah metode *House Of Quality* atau sering disebut *HOQ*. Matriks *HOQ* dapat digunakan untuk meningkatkan mutu penilaian terhadap suatu penelitian. Umumnya matriks *HOQ* merupakan upaya untuk mengubah langsung opini pelanggan/konsumen menjadi fitur atau spesifikasi teknis dari suatu rencana yang dihasilkan. Pelanggan akan berusaha mencapai spesifikasi teknis yang sesuai dengan tujuan agar apa yang diberikan oleh pemangku kepentingan dapat berjalan dengan baik dan konsumen merasa puas setelah merasakannya. Pada matriks *HOQ* yang dievaluasi adalah menentukan derajat hubungan antara Fitur Dasar dan Fitur Tambahan dimana penentuan hubungan tersebut melalui suatu proses dan hasil akhirnya adalah matriks kualitas rumah atau *Quality Home*. [5]

		Fitur Dasar										
Relationships: ● Strong= 5 ○ Fair= 3 △ Weak= 1 No relationship		Importance Weight Factor	Computing Performance	Sensing Capability	Notifications Capability	Computational Methods	Importance Rating	Percent Of Importance	Solusi 1	Solusi 2	Solusi 3	
Fitur Tambahan	Safety	5	○	○	○	○	5	22,72%	○	○	○	
	Comfort	3	○				3	13,63%	○	○	○	
	Convenience	2	○				2	9,09%	○	○	○	
	Wireles Networking	5	○		○		5	22,72%	○	○	○	
	Easy Resource	2	△	△			2	9,09%	○	△	○	
	Low Cost	5	△	△			5	22,72%	○	△	○	
	Importance Rating		79	9	40	15	143	22	100%	5%	3,5%	3,4%
	Percent of Impotence		55,2%	6,2%	27,9%	10,48%	100%					
Solusi 1		○	○	○	○	4,6%						
Solusi 2		○	○	○	△	4,3%						
Solusi 3		○	○	○	○	4,6%						

Gambar 1.1 House of Quality

Hasil Perhitungan HoQ

□Fitur Dasar

1. Importance Rating Fitur Dasar

- $Computing\ Performance = (5 \times 5) + (3 \times 5) + (2 \times 5) + (5 \times 5) + (2 \times 1) + (5 \times 1) = 25 + 15 + 10 + 25 + 2 + 2 = 79$
- $Sensing\ Capability = (5 \times 5) + (2 \times 1) + (2 \times 1) = 25 + 2 + 2 = 9$
- $Notification\ Capability = (5 \times 5) + (5 \times 3) = 25 + 15 = 40$
- $Computational\ Methods = (5 \times 3) + (3 \times 3) = 15 + 9 = 24$
- **$Importance\ Rating = 79 + 9 + 40 + 15 = 143$**

2. Percent Of Importance Fitur Dasar

- $Computing\ Performance = 79: 143 \times 100\% = 55,2\%$
- $Sensing\ Capability = 9: 143 \times 100\% = 6,2\%$
- $Notification\ Capability = 40: 143 \times 100\% = 27,9\%$
- $Computational\ Methods = 24: 143 \times 100\% = 10,48\%$
- $Percent\ Of\ Importance = 55,2\% + 6,2\% + 27,9\% + 10,48\% = 100\%$

3. Hubungan Fitur Dasar Dengan Solusi

- Solusi 1 = $(5 \times 55,9\%) + (5 \times 6,2\%) + (5 \times 27,9\%) + (3 \times 10,48\%) = 4,8\%$
- Solusi 2 = $(5 \times 55,9\%) + (5 \times 6,2\%) + (5 \times 27,9\%) + (1 \times 10,48\%) = 4,6\%$
- Solusi 3 = $(5 \times 55,9\%) + (5 \times 6,2\%) + (5 \times 27,9\%) + (3 \times 10,48\%) = 4,8\%$

□Fitur Tambahan

1. Importance Rating Fitur Tambahan

- Safety = 5
- Comfort = 3
- Convenience = 2
- Wireless Networking = 5
- Easy Resource = 2
- Low Cost = 5
- Importance Rating = $5 + 3 + 2 + 5 + 2 + 5 = 22$

2. Percent Of Importance Fitur Tambahan

- Safety = $5:22 \times 100\% = 22,72\%$
- Comfort = $3:22 \times 100\% = 13,63\%$
- Convenience = $2:22 \times 100\% = 9,09\%$
- Wireless Networking = $5:22 \times 100\% = 22,72\%$
- Easy Resource = $2:22 \times 100\% = 9,09\%$
- Low Cost = $5:22 \times 100\% = 22,72\%$
- Percent Of Importance = $22,72\% + 13,63\% + 9,09\% + 22,72\% + 9,09\% + 22,72\% = 100\%$

3. Hubungan Fitur Tambahan Dengan Solusi

- Solusi1 = $(5 \times 22,72\%) + (5 \times 13,63\%) + (5 \times 9,09\%) + (5 \times 22,72\%) + (5 \times 9,09\%) + (5 \times 22,72\%) = 5\%$
- Solusi2 = $(5 \times 22,72\%) + (5 \times 13,63\%) + (3 \times 9,09\%) + (5 \times 22,72\%) + (1 \times 9,09\%) + (1 \times 22,72\%) = 3,5\%$
- Solusi3 = $(3 \times 22,72\%) + (5 \times 13,63\%) + (5 \times 9,09\%) + (5 \times 22,72\%) + (5 \times 9,09\%) + (5 \times 22,72\%) = 3,4\%$

1.2.4 Solusi Yang Dipilih

Hasil perhitungan *House of Quality (HoQ)* menunjukkan analisis hubungan antara fitur dasar dan tambahan dengan solusi yang diberikan. Pada bagian fitur dasar, terdapat empat kategori yang dianalisis: *Computing Performance*, *Sensing Capability*, *Notification Capability*, dan *Computational Methods*. *Importance rating* terbesar ada pada *Computing Performance* dengan nilai 79, yang menunjukkan kontribusi terbesar terhadap solusi keseluruhan. Presentase pentingnya masing-masing fitur dasar adalah 55,2% untuk *Computing Performance*, 6,2% untuk *Sensing Capability*, 27,9% untuk *Notification Capability*, dan 10,48% untuk *Computational Methods*. Dalam hubungan solusi, Solusi 1 memiliki nilai total 4,8%, diikuti oleh Solusi 2 dengan 4,6%, dan Solusi 3 dengan 4,8%. Ini menunjukkan bahwa Solusi 1 dan Solusi 3 memberikan kontribusi yang lebih baik dalam hal menyelesaikan masalah berdasarkan fitur dasar.

Di sisi lain, pada fitur tambahan seperti *Safety*, *Comfort*, *Convenience*, *Wireless Networking*, *Easy Resource*, dan *Low Cost*, *importance rating* terbesar adalah pada *Safety*, *Wireless Networking*, dan *Low Cost* masing-masing sebesar 22,72%. Persentase penting untuk fitur tambahan menunjukkan bahwa ketiga fitur ini memegang peranan penting yang setara dalam kontribusi solusi. Hubungan solusi pada fitur tambahan menunjukkan bahwa Solusi 1 memiliki nilai total tertinggi yaitu 5%, diikuti oleh Solusi 2 dengan 3,5%, dan Solusi 3 dengan 3,4%. Solusi 1 dipilih sebagai solusi yang paling optimal baik dari perspektif fitur dasar maupun tambahan, dengan kontribusi yang paling merata dalam hal pentingnya fitur-fitur yang ada.