

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan Masalah

Pengendara mobil *matic* sering mengalami kram otot pada telapak kaki kanan, terutama saat berkendara jauh atau berkendara dalam waktu yang lama. Kram otot pada telapak kaki ini dapat mengganggu pengemudi untuk berkendara dengan aman dan nyaman. Kontraksi terus-menerus pada sekelompok otot yang menyebabkan nyeri dikenal dengan kram otot. [1]

Mobil *matic* merupakan istilah untuk mobil yang beroperasi secara otomatis dengan menggunakan dua pedal, yaitu rem dan gas. Transmisi otomatis atau disebut juga transmisi matik, merupakan sistem transmisi yang dapat diatur tanpa menginjak pedal kopling. [2]

Pengendara mobil *matic* harus sering menekan pedal gas dan rem berulang kali, memaksa otot kaki kanan untuk bekerja keras. Kelelahan dan kram otot dapat terjadi karena posisi yang tidak nyaman, gerakan yang kurang, dan tekanan yang berlebihan pada pedal.

Dari masalah kram otot pada telapak kaki yang sering terjadi bagi pengendara mobil, dua stakeholder utama yang terlibat adalah pengendara mobil dan, jika ada, penumpang yang berada dalam kendaraan tersebut. Pengendara mobil adalah individu yang secara langsung mengalami dampak kram otot dan penumpang yang ada dalam kendaraan juga menjadi stakeholder penting karena mereka dapat merasakan dampak negatif dari kram otot pengemudi, yang dapat mempengaruhi pengalaman perjalanan mereka serta potensi keselamatan mereka.

Jika masalah kram otot pada telapak kaki yang sering terjadi bagi pengendara mobil dapat diselesaikan secara efektif, dampak yang diharapkan adalah peningkatan kenyamanan dan keselamatan bagi pengendara dan penumpangnya. Dengan kaki bebas dari kram, pengemudi akan merasa lebih nyaman saat berkendara.

1.1.1 Informasi Pendukung Masalah

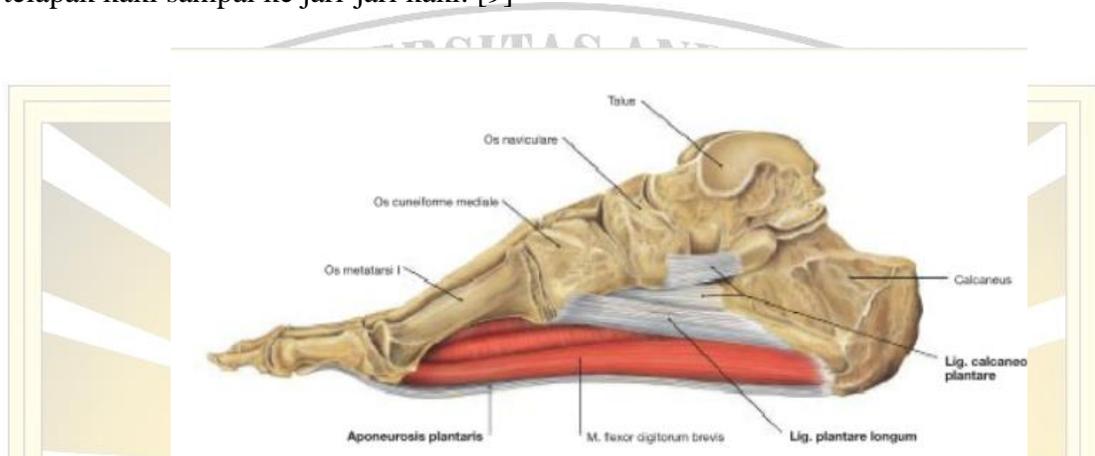
Tarikan atau pemendekan otot yang terjadi secara tiba-tiba dan tidak sengaja otot yang tiba-tiba dikenal sebagai kram otot. Hal ini dapat menyebabkan rasa sakit dari yang paling ringan hingga yang paling parah, serta imobilitas seperti kelumpuhan. Dalam kebanyakan kasus, kram otot akan sembuh sendiri dalam beberapa detik, menit, atau, dalam kasus terburuk dapat terjadi selama beberapa jam. [3] Jumlah kejadian kram otot adalah antara 50 dan 60% pada orang dewasa yang sehat, tanpa perbedaan antara jenis kelamin, kecuali pada wanita hamil, yang merupakan 30 hingga 50% [4].

Terdapat perbedaan signifikan dalam ketegangan otot berdasarkan jenis kelamin dan usia. Perempuan cenderung memiliki otot yang lebih tegang dalam kondisi normal daripada laki-laki, dan memerlukan waktu lebih lama untuk merilekskan otot. Selain itu, usia juga memengaruhi tingkat ketegangan otot, dengan usia muda cenderung memiliki ketegangan otot yang lebih rendah. [5] Tegangan otot dari hampir kram (tegang) hingga otot kram yaitu dalam waktu beberapa detik hingga 10 menit. Jika otot terus menerus tegang tanpa adanya upaya untuk merilekskannya, otot akan kram dalam beberapa detik. [6]

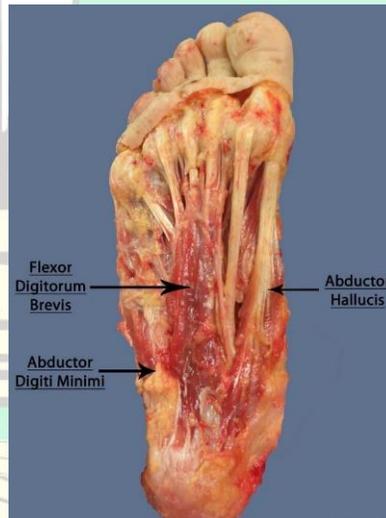
Mobil *matic* hanya terdapat dua pedal, yaitu pedal gas dan rem. Berbeda dengan mobil manual yang terdapat tiga pedal, yaitu kopling, rem, dan gas. Untuk mengoperasikan mobil *matic*, hanya membutuhkan kaki kanan untuk mengoperasikan pedal gas dan rem. [7] Karena hanya kaki kanan yang bekerja saat mengendarai mobil *matic*, maka kaki kanan yang biasanya terjadi kram.

Posisi kaki kanan yang benar saat mengendarai mobil *matic* adalah tumit kaki kanan terletak di depan pedal rem. Saat ingin menginjak pedal gas, maka tumit tidak berpindah, tapi ujung kaki menyerong ke kanan untuk menekan pedal gas. [8] Oleh karena aktivitas kaki kanan dengan telapak kaki yang berada pada posisi tegak ke atas dan berpindah dari pedal gas dan rem secara terus menerus, maka terjadi kram pada bagian telapak kaki.

Otot pada telapak kaki yang mengalami kram saat berkendara mobil yaitu pada otot *Flexor Digitorum Brevis*. Dampak kram pada otot *flexor digitorum brevis* yaitu pada telapak kaki sampai ke jari-jari kaki. [9]



Gambar 1.1 Ligamen dari Busur Plantar Memanjang [9]



Gambar 1.2 Otot-Otot pada Telapak Kaki [10]

Flexor Digitorum Brevis merupakan otot pusat dari lapisan superfisial (epidermis) otot-otot kaki plantar. Otot ini terletak di tengah-tengah telapak kaki, tepat di atas *aponeurosis plantar* dan di bawah tendon *Fleksor Digitorum Longus*. [9]

Berikut adalah penyebab kram pada telapak kaki saat berkendara mobil:

- a. Posisi duduk yang salah dan tidak nyaman.

- b. Kurangnya gerakan atau peregangan selama perjalanan dalam mengendarai mobil.
- c. Kelelahan fisik.
- d. Stimulasi otot yang kurang saat otot sedang dalam kondisi lelah.

Untuk mengatasi kram kaki saat berkendara, dapat melakukan beberapa cara, yaitu dengan melakukan peregangan sebelum berkendara, terutama saat akan berkendara dalam waktu yang lama. Tujuannya adalah untuk memberi kesempatan otot-otot untuk berlatih terlebih dahulu. Selain itu, untuk mengatasinya juga dengan beristirahat sejenak dan posisikan kaki nyaman mungkin sebelum kembali mengemudi.

Solusi yang pernah dilakukan sebelumnya yaitu Alat Pembaca Ketegangan Otot yang Terintegrasi dengan Bluetooth 4.0 Menggunakan ESP32 yang fungsinya sama dengan penelitian ini. [11]

Persamaan solusi sebelumnya dan solusi ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan teknik yang sama yaitu *Electromiography* (EMG).
2. Menggunakan mikrokontroler yang sama yaitu menggunakan ESP32.
3. Menggunakan komunikasi yang sama-sama nirkabel menggunakan *Bluetooth*.

Adapun perbedaannya yaitu:

1. Pada solusi sebelumnya, melakukan penelitian untuk membaca ketegangan otot yang terjadi saat olahraga dengan ototnya yaitu pada otot betis. Sedangkan pada solusi ini, mendeteksi kram otot pada telapak kaki saat mengendarai mobil.
2. Pada solusi sebelumnya, outputnya ke layar ponsel. Sedangkan pada solusi ini outputnya pada LCD display.

Kekurangan dari solusi sebelumnya yaitu alat hanya membaca otot, tidak memberi informasi atau pemberitahuan tentang otot kram atau tidaknya.

1.1.2 Analisis Masalah

Masalah dan keperluan untuk mendeteksi terjadinya kram pada otot telapak kaki yaitu sebagai berikut:

- a. Konstrain Ekonomi: Solusi yang ditawarkan tidak melebihi dari Rp3.000.000
- b. Konstrain *Manufacturability*: Rancangan dibuat menggunakan beberapa sensor dan terdapat LCD.
- c. Konstrain *Sustainability*: Bahan yang dipakai tahan lama.
- d. Konstrain Kesehatan: Menggunakan bahan yang tidak membuat kaki terganggu saat mengendarai mobil.
- e. Konstrain Waktu: Dapat dijadwalkan dalam waktu 6 bulan oleh satu orang dengan jam kerja 12 jam perminggu.
- f. Konstrain Budaya: Dengan kearifan lokal.

1.1.3 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, kebutuhan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan permasalahan adalah sebagai berikut:

- a. Alat mampu mendeteksi akan terjadinya kram otot *Flexor Digitorum Brevis* pada telapak kaki.
- b. Alat dapat tahan lama.
- c. Alat harus dapat bekerja dengan daya 10 W.
- d. Alat dapat menampilkan informasi otot *Flexor Digitorum Brevis* pada telapak kaki.
- e. Alat dapat menampilkan notifikasi jika terjadi kram.

1.1.4 Tujuan

Berdasarkan kebutuhan yang harus dipenuhi, tujuan yang ingin dicapai untuk penentuan solusi yaitu membuat sepatu pintar yang dapat mendeteksi kram otot pada telapak kaki dan menampilkan informasi kepada pengguna secara waktu nyata.

1.2 Solusi

1.2.1 Karakteristik Produk

1. Fitur Utama

Fitur utama alat yang akan dibuat adalah kemampuan untuk mendeteksi kram pada otot di telapak kaki kanan pengendara mobil secara akurat. Alat ini akan memberi tahu pengendara ketika akan terjadi kram atau kontraksi otot.

Penggunaan utama produk ini adalah untuk memberikan peringatan dini tentang kram otot pada telapak kaki kanan sehingga pengendara dapat melakukan tindakan pencegahan atau istirahat yang diperlukan untuk menjaga keamanan mereka selama berkendara. Peringatan ini dapat berupa informasi yang ditampilkan pada LCD atau *smartphone* yang diletakkan pada *dashboard* mobil. Saat terdeteksinya akan terjadi kram otot, maka adanya notifikasi pada LCD dan keluar suara peringatan.

2. Fitur Dasar

- a. *Sensing Capability*: Fitur dasar yang mendukung fitur utama untuk alat pendeteksi kram otot pada telapak kaki ini yaitu akan memiliki sensor otot pada telapak kaki secara akurat yang akan memantau terus menerus aktivitas otot kaki kanan pengendara selama perjalanan.
- b. *Notification Capability*: Kemudian alat ini akan disambungkan ke LCD atau melalui *smartphone* yang diletakkan pada *dashboard* mobil. Layar ini akan menampilkan data aktivitas otot secara real-time, sehingga pengendara dapat melihat kondisi otot mereka dengan cepat dan dapat mengantisipasi jika akan terjadinya kram otot. Alat ini akan menampilkan notifikasi pada LCD segera saat kram otot pada telapak kaki terdeteksi dan mengeluarkan suara.
- c. *Computing Performance*: Alat yang dirancang untuk mengidentifikasi kram otot pada telapak kaki pengendara sangat penting untuk keamanan dan kenyamanan pengemudi. Tingkat kinerja alat ini terkait dengan seberapa cepat dan akurat alat ini mendeteksi tanda-tanda awal kram otot, yang memungkinkan pengemudi untuk merespons dengan cepat

3. Fitur Tambahan

- a. *Low Power Consumption*: Dengan menggunakan konsumsi daya yang rendah, alat ini dapat bertahan lama tanpa perlu mengisi daya ulang atau

mengganti baterai secara berkala. Hal ini membuatnya lebih mudah digunakan setiap hari.

- b. Tidak bergantung pada jaringan internet: Alat ini tidak tergantung kepada jaringan internet sehingga tidak perlu khawatir saat berada di tempat yang tidak mempunyai jaringan. Karena alat dapat berjalan secara mandiri dengan mengandalkan sensor-sensor dan perangkat keras yang ada pada alat itu sendiri.

4. Sifat Solusi yang Diharapkan

Sifat solusi yang diharapkan pada alat ini adalah alat yang praktis dan mudah digunakan. Pengguna dapat menggunakan pada kaki sebelum memulai perjalanan dengan menggunakan mobil tanpa adanya teknik khusus yang membuat pengguna harus mempelajarinya terlebih dahulu. Kemudian dengan antarmuka yang mudah dimengerti dan pemberitahuan yang jelas, pengguna dapat langsung memahaminya dan menggunakannya tanpa hambatan.

1.2.2 Usulan Solusi

1.2.2.1 Solusi 1

Solusi pertama yaitu mendeteksi kram otot pada telapak kaki dengan *power supply*, kemudian menggunakan teknik *Elektromyograph* (EMG) yang dipasang dengan melekatkan sensor biopotensial dan perangkat EMG. Pengkondisian sinyal pada sensor biopotensial tersebut menggunakan suatu IC (*Integrated Circuit*) penguat yang akan teruskan ke mikrokontroler. Untuk mengirim sinyal dari hasil pengukuran pada telapak kaki ke output tanpa kabel (nirkabel), maka menggunakan modul komunikasi serial. Hasil dari pembacaan sinyal akan keluar pada LCD secara waktu nyata,

Electromyography (EMG) adalah teknik yang digunakan untuk merekam dan menganalisis aktivitas listrik yang dihasilkan oleh otot-otot tubuh manusia. *Elektromyography* melibatkan pemasangan elektroda pada kulit, yang menangkap sinyal listrik yang dihasilkan oleh otot saat berkontraksi. Sinyal EMG ini kemudian direkam dan dianalisis untuk memahami aktivitas otot, mengukur kekuatan otot, menemukan cedera otot, dan mempelajari cara otot bergerak. [12]

Kekurangan dari solusi ini karena mikrokontroler yang tidak memiliki komunikasi nirkabel terintegrasi, maka dibutuhkan modul tambahan sebagai komunikasinya sesuai dengan tujuan dari alat ini yaitu membuat alat yang nirkabel sehingga tidak mengganggu kaki pengendara mobil.

1.2.2.2 Solusi 2

Solusi kedua yaitu mendeteksi kram otot pada telapak kaki dengan *power supply*, kemudian menggunakan teknik *Elektromyograph* (EMG) juga karena untuk memantau aktivitas otot hanya dengan *Elektromyograph* (EMG). Alat ini menggunakan sensor biopotensial dan perangkat EMG yang ditempel pada telapak kaki sebagai input.

Solusi kedua ini menggunakan mikroprosesor sebagai penghubung antara perangkat EMG dengan web server *open source* untuk mengirim data yang diproses ke server. Server berfungsi sebagai pusat komunikasi antara perangkat EMG dengan website. Data hasil pengukuran sinyal otot akan disimpan secara *real-time* di server dan diperbarui jika ada data input baru dari perangkat EMG. Jadi output dari pemantauan aktivitas otot pada telapak kaki ini yaitu website yang berfungsi untuk menampilkan informasi otot. Website dapat dilihat melalui *smartphone* yang di letakkan pada *dashboard* mobil.

Mikroprosesor membutuhkan chip yang berfungsi sebagai konverter analog-ke-digital untuk mengubah sinyal analog dari perangkat EMG menjadi data digital yang dapat diproses lebih lanjut.

Kekurangan dari solusi ini yaitu untuk mengirim data dari perangkat EMG untuk ditampilkan ke website menggunakan mikroprosesor ini harus menggunakan koneksi internet.

1.2.2.3 Solusi 3

Solusi ketiga yaitu mendeteksi kram otot pada telapak kaki dengan *power supply*, kemudian menggunakan teknik *Elektromyograph* (EMG) dengan menggunakan IC untuk penguat sinyal. Mikrokontroler yang digunakan yaitu mikrokontroler yang sudah

ada komunikasi Wifi dan *Bluetooth* agar tidak menggunakan kabel untuk menampilkan outputnya ke LCD.

1.2.3 Analisis Usulan Solusi

Berdasarkan solusi-solusi yang telah diberikan, berikut merupakan analisis usulan solusi dengan menggunakan *House of Quality*.

Customer Requirements	Functional Requirements	weight	Low Power Consumption	Sensing Capability	Notification Capability	Computing Performance	Tidak Bergantung Internet	Mudah diinstalasi	TOTAL
Harga < Rp3.000.000		5	○	●		△		●	
Selesai dalam 6 bulan		5	○	○		○		●	
Mendeteksi dengan Akurat		5	●	●	○	○		○	
Days 10W		3	△	○		○			
Menampilkan informasi		2	○	●	○	○	●	○	
Menampilkan notifikasi		5	○	●	●	○	●	○	
Importance Rating			52	67	29	45	21	54	227
Percentage Rating			22,9%	29,5%	12,7%	19,8%	9,3%	23,8%	100%
Solution									
Solution 1			●	●	○	○	●	○	2,97
Solution 2			△	●	●	○		△	2,12
Solution 3			●	●	○	○	●	●	2,75

Keterangan

- Hubungan sangat kuat = 3
- Hubungan sedang = 2
- △ Kurang Berhubungan = 1
- Kosong = 0

Gambar 1.3 *House of Quality*

Pada gambar 1.3 merupakan *House of Quality* (HoQ) dari alat pendeteksi kram otot pada telapak kaki. Simbol-simbol yang terdapat pada Tabel *House of Quality* (HoQ) sesuai dengan keterangannya. Dari gambar *House of Quality* tersebut, terdapat hubungan antara konstrain atau pada *House of Quality* (HoQ) biasa disebut *Customer*

Requirements dengan fitur-fitur yang akan dicapai atau disebut dengan *Functional Requirements*.

Konstrain yang pertama yaitu biaya dalam pembuatan alat pendeteksi kram otot pada telapak kaki ini adalah < Rp3.000.000, hubungannya dengan fitur *Low Power Consumption* yaitu sedang. Kemudian hubungannya dengan *Sensing Capability* dan mudah diinstalasi memiliki hubungan yang kuat karena keakuratan sensor adalah prioritas pada alat yang akan dibuat, sehingga harus mengalokasikan sebagian besar anggaran untuk komponen sensor yang berkualitas agar alat sesuai dengan yang diharapkan. Sementara itu, tidak ada hubungannya dengan *Notification Capability* dan tidak bergantung pada internet. Terakhir, harga kecil dari Rp3.000.000 memiliki hubungan yang kurang dengan *Computing Performance*.

Waktu pengerjaan yang selesai dalam 6 bulan memiliki hubungan yang normal dengan semua fitur yang diinginkan. Kemudian untuk mendeteksi dengan akurat, alat memiliki hubungan yang kuat dengan *Low Power Consumption* dan *Sensing Capability* karena itu merupakan kunci berhasilnya alat pendeteksi kram otot ini. Selanjutnya kontrain daya 10W memiliki hubungan yang normal, karena daya 10W sudah cukup bagi alat yang ingin dibuat.

Untuk menampilkan informasi dan notifikasi tentu saja rata-rata harus memiliki hubungan yang kuat dengan semua fitur yang diinginkan karena konstrain yang menjadi output dari pembuatan alat pendeteksi kram otot pada telapak kaki ini.

Kemudian masing-masing fitur dihitung *Importance Rating*-nya dengan mengalikan *weight* dengan nilai hubungannya dan di jumlahkan. Rumus *Importance Rating* yaitu:

$$\text{Importance Rating} = \text{jumlah semua } \textit{weight} \times \textit{Relationship}$$

$$\textit{Low Power Consumption} = (5 \times 2) + (5 \times 2) + (5 \times 3) + (3 \times 1) + (2 \times 2) + (5 \times 2) = \mathbf{52}$$

$$\textit{Sensing Capability} = (5 \times 3) + (5 \times 2) + (5 \times 3) + (3 \times 2) + (2 \times 3) + (5 \times 3) = \mathbf{67}$$

$$\text{Notification Capability} = (5 \times 2) + (2 \times 2) + (5 \times 3) = \mathbf{29}$$

$$\text{Computing Performance} = (5 \times 1) + (5 \times 2) + (5 \times 2) + (3 \times 2) + (2 \times 2) + (5 \times 2) = \mathbf{45}$$

$$\text{Tidak bergantung internet} = (2 \times 3) + (5 \times 3) = \mathbf{21}$$

$$\text{Mudah diinstalasi} = (5 \times 3) + (5 \times 3) + (5 \times 2) + (2 \times 2) + (5 \times 2) = \mathbf{54}$$

$$\text{Jumlah Importance Rating} = 52 + 67 + 29 + 45 + 21 + 54 = \mathbf{227}$$

Untuk mencari *Percentage Rating* yaitu dengan menggunakan rumus:

$$\text{Percentage Rating} = \frac{\text{Importance Rating}}{\text{Jumlah Importance Rating}} \times 100\%$$

$$\text{Low Power Consumption} = \frac{52}{227} \times 100\% = \mathbf{22,9\%}$$

$$\text{Sensing Capability} = \frac{67}{227} \times 100\% = \mathbf{29,5\%}$$

$$\text{Notification Capability} = \frac{29}{227} \times 100\% = \mathbf{12,7\%}$$

$$\text{Computing Performance} = \frac{45}{227} \times 100\% = \mathbf{19,8\%}$$

$$\text{Tidak bergantung internet} = \frac{21}{227} \times 100\% = \mathbf{9,3\%}$$

$$\text{Mudah diinstalasi} = \frac{54}{227} \times 100\% = \mathbf{23,8\%}$$

Untuk membuat alat pendeteksi otot pada telapak kaki memiliki 3 usulan solusi. Solusi 1 dan 3 memiliki hubungan yang kuat dengan *Low Power Consumption* yaitu karena pada solusi ini memiliki komponen-komponen yang hemat daya dari pada menggunakan mikroprosesor pada solusi 2.

Kemudian semua solusi memiliki hubungan yang kuat dengan *Sensing Capability*-nya karena semua solusi memiliki teknik yang sama yaitu menggunakan *Elektromyograph* (EMG) karena untuk memantau aktivitas otot hanya menggunakan *Elektromyograph* (EMG) dan dihubungkan dengan sensor biopotensial.

Notification Capability pada solusi 2 lebih kuat dari pada solusi 1 dan 3 karena menggunakan server dan mikroprosesor yang lebih detail dalam menampilkan informasi otot secara *real-time* ke website.

Computing Peformance semua solusi memiliki hubungan yang sama yaitu sedang karena untuk kemampuan dalam menjalankan tugasnya rata-rata sama. Kemudian untuk fitur tidak bergantung pada internet, solusi 2 sangat tidak berhubungan karena untuk menampilkan data pada website harus terhubung ke internet. Untuk solusi 1 dan 3 berhubungan kuat karena dapat dihubungkan tanpa jaringan internet.

Untuk tingkat mudah diinstalasi, solusi 3 lebih mudah diinstalasi. Solusi 3 berada pada hubungan yang kuat karena untuk menginstalasi solusi 1 cukup mudah, tapi menggunakan komoponen lebih banyak dari pada solusi 3. Kemudian pada solusi 2 karena memiliki komponen yang lebih komplek dan penyambungan output yang lebih susah maka hubungannya kurang.

Dari ketiga usulan solusi tersebut, untuk mendapatkan nilainya maisng-masing yaitu dengan menggunakan rumus:

$$\text{Nilai solusi} = \text{Jumlah semua hubungan} \times \text{Percentage Rating}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai Solusi 1} &= (3 \times 22,9\%) + (3 \times 29,5\%) + (2 \times 12,7\%) + (2 \times 19,8\%) + (3 \times 9,3\%) \\ &+ (2 \times 23,8\%) = 2,97 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai Solusi 2} = (22,9\%) + (3 \times 29,5\%) + (3 \times 12,7\%) + (2 \times 19,8\%) + (23,8\%) = 2,12$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai Solusi 3} &= (3 \times 22,9\%) + (3 \times 29,5\%) + (2 \times 12,7\%) + (2 \times 19,8\%) + (3 \times 9,3\%) \\ &+ (3 \times 23,8\%) = 5,726 \end{aligned}$$

1.2.4 Solusi yang Dipilih

Setelah melakukan analisa dengan metode *House of Quality* untuk 3 usulan solusi yang telah diberikan, maka solusi yang dipilih yaitu solusi 3. Dari analisa yang telah dilakukan, maka nilai solusi 3 lebih besar dibandingkan dengan solusi 1 dan 2.

Solusi 3 yaitu mendeteksi kram otot pada telapak kaki dengan *power supply*, kemudian menggunakan teknik *Elektromyograph* (EMG) dengan menggunakan IC untuk penguat sinyal. Mikrokontroler yang digunakan yaitu mikrokontroler yang sudah ada komunikasi Wifi dan *Bluetooth* agar tidak menggunakan kabel untuk menampilkan outputnya ke LCD yang membuat kaki pengendara mobil tidak terganggu dalam berkendara.

