

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan Masalah

Haji adalah salah satu rukun islam yang wajib dilaksanakan oleh setiap muslim yang mampu, baik secara finansial maupun fisik, setidaknya sekali seumur hidup. Mayoritas jamaah haji berasal dari kelompok usia berumur 50 hingga 60 tahun. Tercatat sebanyak 71.443 orang atau sekitar 33% dari total jemaah berada dalam kelompok usia ini. Angka ini menunjukkan bahwa kelompok usia paruh baya memiliki partisipasi yang tinggi dalam pelaksanaan ibadah haji pada tahun 2024. Disusul oleh kelompok usia 60 hingga 70 tahun yang mencapai 56.460 jemaah atau sekitar 26% dari total. Lebih jauh, jumlah total lansia (usia 60 tahun ke atas) yang berangkat haji mencapai 79.060 orang, menunjukkan perhatian khusus pemerintah dalam memfasilitasi kebutuhan mereka[1]. Tingginya usia jamaah haji yang berusia 50 tahun keatas menjadi tantangan tersendiri, terutama dalam hal kesehatan dan mobilitas.

Pelaksanaan haji melibatkan berbagai kegiatan fisik yang intensif, seperti thawaf (mengelilingi Ka'bah), sa'i (berlari-lari kecil antara bukit Safa dan Marwah), dan wukuf di Arafah, yang semuanya membutuhkan stamina dan kondisi fisik yang baik dari kalangan usia lanjut [2]. Jamaah haji lanjut usia juga rentan terhadap berbagai penyakit, seperti hipertensi, diabetes, dan penyakit kardiovaskular. Kepala Pusat Kesehatan (Kapuskes) Haji Kementerian Kesehatan (Kemenkes) RI Dr.Lilieek menyatakan Penyakit yang paling banyak diderita jamaah adalah penyakit kelelahan dan jantung (34,2%), hipertensi esensial (5.126), ISPA atau infeksi saluran pernapasan akut (2.569), myalgia atau nyeri otot (1.780), diabetes melitus (1.128) [3].

Berdasarkan penyakit yang dialami jamaah haji, terdapat 3 kondisi yang menjadi perhatian yaitu dehidrasi, pusing dan kelelahan, dimana Dehidrasi terjadi oleh

beberapa factor salah satunya pola jantung berdetak lebih cepat karena tubuh kekurangan cairan, tetapi kadar oksigen (SpO_2) biasanya tetap normal kecuali dehidrasinya parah[3]. Kelelahan terjadi saat tubuh bekerja keras, sehingga detak jantung naik dan kadang kadar oksigen turun karena otot butuh lebih banyak oksigen. Pusing muncul ketika aliran oksigen ke otak terganggu, seringkali karena detak jantung terlalu lambat, terlalu cepat, atau tekanan darah turun[4].

Namun bagi yang memiliki masalah pada kesehatan jantung, maka akan mengalami ketidakteraturan frekuensi denyut nadi, yaitu keadaan denyut nadi yang menurun drastis (bradikardia), meningkat (takikardia), atau berhenti sesaat. Keadaan irama jantung yang tidak menentu ini disebut dengan aritmia jantung. Bradikardia merupakan frekuensi denyut nadi yang kurang dari 60 BPM, sedangkan takikardia adalah peningkatan frekuensi denyut nadi sampai melebihi. Takikardia mampu menyebabkan palpitasi serta sesak nafas dan untuk kasus yang ekstrim dapat terjadi kegagalan sirkulasi darah. Hal tersebut membutuhkan pemantauan dan pemeriksaan terhadap jantung secara berkala[4].

Kondisi kesehatan yang rentan ini memerlukan pemantauan kesehatan yang ketat untuk mencegah insiden kesehatan yang serius. Hal ini menjadikan peran muthawif semakin krusial, karena mereka tidak hanya memandu jamaah dalam menjalankan ibadah tetapi juga harus memastikan kesehatan dan keselamatan jamaah tetap terjaga. Ketika jamaah mengalami gangguan kesehatan atau kondisi darurat selama perjalanan, keterbatasan pemantauan sering menyebabkan keterlambatan penanganan yang dapat berakibat fatal, terutama bagi jamaah dengan riwayat penyakit kronis atau risiko kesehatan tinggi (risti) [5]. Aktivitas fisik yang berat selama haji, ditambah dengan cuaca *ekstrim* yang dapat mencapai lebih dari $40^{\circ}C$, membuat jamaah resiko tinggi lebih rentan mengalami dehidrasi, kelelahan, *heatstroke*, atau komplikasi penyakit yang memerlukan penanganan medis segera [6].

Aktivitas fisik yang *intens*, suhu panas yang ekstrem, serta kerumunan besar meningkatkan risiko kesehatan seperti dehidrasi, kelelahan, dan kemungkinan

terjepit dalam kerumunan. Data dari tahun 2022 menunjukkan bahwa lebih dari 2.000 jamaah haji hilang atau terpisah dari rombongan mereka setiap tahun, dengan banyak dari mereka mengalami kondisi kesehatan yang memburuk akibat kurangnya pemantauan yang efektif [7]. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang inovatif untuk membantu muthawif dalam memantau kesehatan dan lokasi jamaah haji secara efektif. Teknologi yang tepat dapat membantu muthawif memantau kondisi kesehatan jamaah secara *real-time* dan melacak lokasi mereka, sehingga dapat memberikan *respons* yang cepat dan tepat ketika diperlukan dan dapat mengurangi resiko para Jamaah haji yang meninggal yang diakibatkan oleh informasi kesehatan dan lokasi yang terlambat diketahui.

1.1.1 Informasi Pendukung Masalah

Hasil penelitian, jamaah haji wafat kloter JKS paling banyak memiliki penyakit *komorbid* penyakit *kardiovaskular* yaitu sejumlah 96 orang (41.9%), kemudian ada beberapa jamaah yang memiliki gejala tanpa diagnosa yaitu sebanyak 31 orang (13.5%), dan terdapat 15 jamaah haji yang sehat (6.6%) tetapi tidak menutup kemungkinan karena adanya faktor risiko internal dan eksternal yang bisa menyebabkan rawat jalan pada jamaah kelompok ini. Sisanya jamaah haji dengan penyakit *komorbid* lainnya yang persentasenya tidak lebih dari 5%. Dengan demikian penyakit *komorbid* terbanyak yang dimiliki oleh jamaah haji wafat kloter JKS dalam tiga tahun terakhir adalah penyakit *kardiovaskular* yang meliputi penyakit Hipertensi, *Hypertensive Heart Diseases* (HHD), *kardiomegali*, gagal jantung dan lain-lain [8].

Berdasarkan usia, frekuensi denyut nadi istirahat anak-anak lebih cepat dibandingkan orang dewasa, anak-anak memiliki frekuensi denyut nadi istirahat rata-rata 80-140 BPM sedangkan orang dewasa 60-100 BPM [4]. Namun jenis kelamin juga mempengaruhi frekuensi denyut nadi seseorang. Jenis kelamin perempuan akan mempunyai denyut nadi yang lebih tinggi daripada denyut nadi laki-laki. Dimana denyut nadi yang dimiliki laki-laki dewasa 55-75 kali permenit sedangkan perempuan dewasa 60-80 kali permenit[9]. Selain itu berdasarkan batas

nilai normal saturasi oksigen (SpO₂) umumnya berkisar antara 95% hingga 100% dan tidak menunjukkan perbedaan signifikan antara pria dan wanita[10].

Kegiatan ibadah haji selama 40 hari memiliki banyak kegiatan dimulai dari lempar jumrah, jarak tenda di Mina ke Jamarat terhitung sekira 4 kilometer. Pergi-pulang berarti 8 km. Lalu jika dilakukan 1, 2, atau 3 kali maka akan menjadi sekira 24 km. Dilanjutkan dengan rangkaian tawaf 7 putaran. Jika dihitung rata-rata sekali putaran tawaf adalah 500 meter. Ini berada pada jalur yang berdekatan dengan Ka'bah. Artinya apabila terdapat 7 putaran, maka jarak tempuh jamaah haji saat tawaf adalah 3,5 km. Selanjutnya rangkaian sai dengan jarak dari Bukit Shafa ke Marwah adalah 450 meter. Jika melakukan 7 kali, maka jarak tempuhnya adalah 3,15 km. Secara keseluruhan total jarak tempuh jamaah haji berjalan kaki untuk rangkaian ibadah adalah 30,65 km [11]. Jumlah tersebut merupakan total jalan kaki saat melaksanakan rangkaian ibadah wajib haji. Ini masih belum termasuk jalan kaki ibadah lain atau jarak dari penginapan ke masjid atau kegiatan lainnya. Maka dengan aktivitas ini tak luput dari kelelahan yang berlebihan

Tabel 1.1 Solusi Yang Telah Ada

No	Solusi	Kelebihan	Kekurangan	Referensi
1	Kartu Kesehatan Jamaah Haji (KKJH) dilengkapi dengan <i>barcode</i> atau QR	Dapat menyimpan data rekam medis. Sehingga mempermudah akses data kesehatan jamaah haji.	Hanya berupa rekam medis, tidak dapat mendeteksi kesehatan secara langsung.	[12]
2	Aplikasi Telejamaah	Aplikasi digital berisi <i>history</i> kesehatan jamaah, termasuk perawatan di KKHI,	Tidak dapat memonitor kesehatan jamaah secara <i>real-time</i>	[13]

No	Solusi	Kelebihan	Kekurangan	Referensi
		Poskes, dan RSAS. Sehingga Keluarga mendapat <i>update</i> harian tentang kondisi jamaah yang sakit.	saat beribadah di luar rumah sakit.	
3	<i>Monitoring Health Using IoT and Thingspeak</i>	Menggunakan sensor suhu (DS18B20) dan denyut nadi (SEN11574) terhubung melalui IoT. Mengukur kesehatan secara <i>realtime</i>	Tidak terhubung ke <i>smartphone</i> untuk mengirimkan notifikasi kesehatan.	[14]
4	<i>Advancing healthcare through piezoresistive pressure sensors</i>	Memanfaatkan sensor <i>piezoresistif</i> untuk pemantauan tekanan darah, sehingga <i>Fleksibel</i> digunakan dalam aplikasi medis.	Tidak mendukung pemantauan <i>real-time</i> dari jarak jauh dan tidak memiliki GPS untuk pelacakan lokasi	[15]
5	<i>Location Aware Health Monitoring System For Emergency Cases</i>	Menggunakan sensor <i>pulse</i> , suhu, dan tekanan darah serta menyediakan informasi rumah sakit terdekat.	Hanya mengirimkan notifikasi kepada pengguna sendiri,	[16]

1.1.2 Analisa Masalah

Pada analisa masalah dijelaskan tentang pengkajian dan pemahaman dari akar masalah terkait Perencanaan untuk mengatasi resiko keterlambatan dalam penanganan Kesehatan. Berikut penjelasan rentang masalah yang diangkat :

1. Aspek *Manufakturabilitas*

Tidak menggunakan komponen yang besar dan kabel dalam jumlah banyak, sehingga sangat efisien dipakai saat pelaksanaan ibadah haji.

2. Aspek *Sustainabilitas*

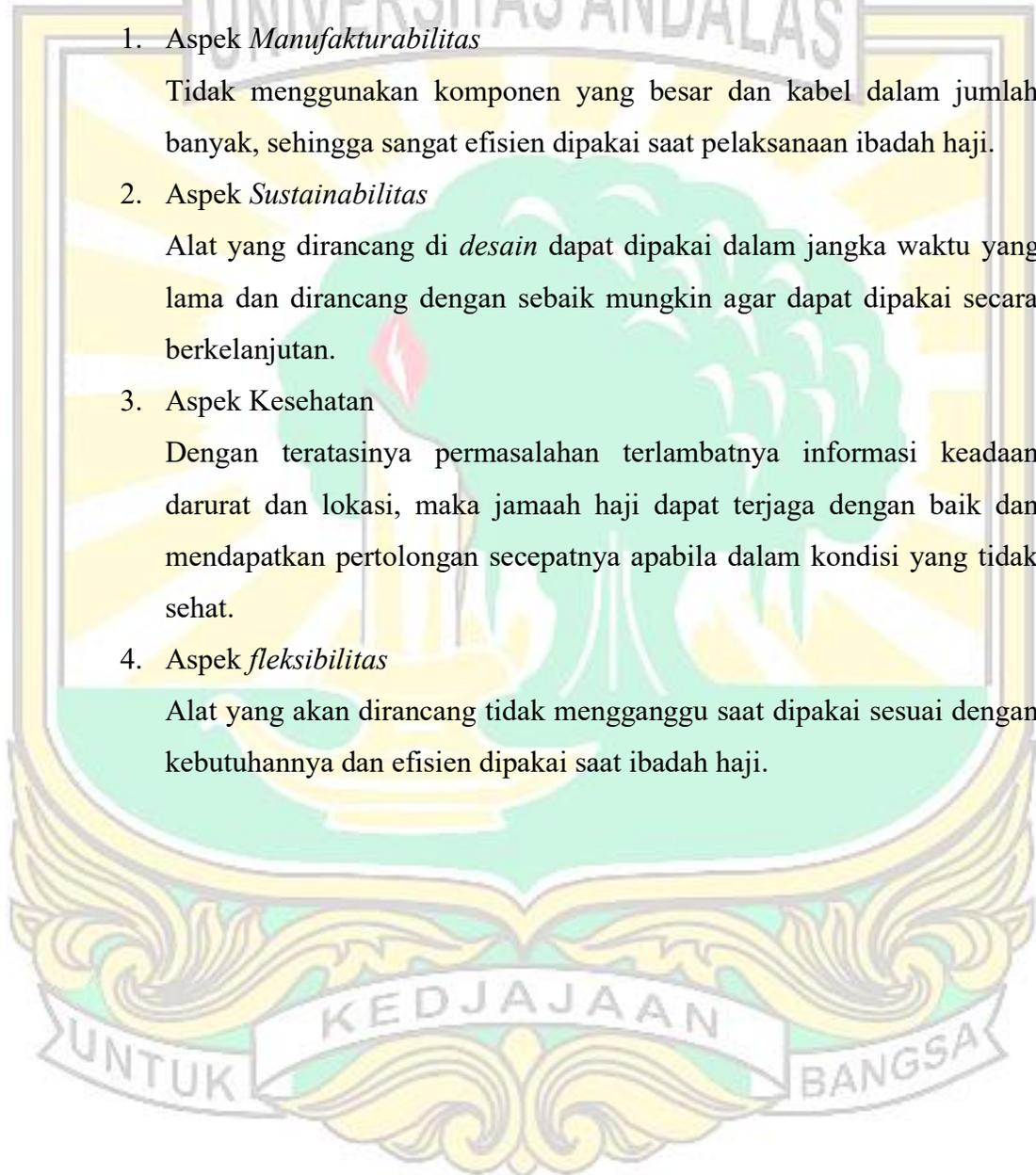
Alat yang dirancang di *desain* dapat dipakai dalam jangka waktu yang lama dan dirancang dengan sebaik mungkin agar dapat dipakai secara berkelanjutan.

3. Aspek Kesehatan

Dengan teratasinya permasalahan terlambatnya informasi keadaan darurat dan lokasi, maka jamaah haji dapat terjaga dengan baik dan mendapatkan pertolongan secepatnya apabila dalam kondisi yang tidak sehat.

4. Aspek *fleksibilitas*

Alat yang akan dirancang tidak mengganggu saat dipakai sesuai dengan kebutuhannya dan efisien dipakai saat ibadah haji.



1.1.3 Kebutuhan Yang Harus Dipenuhi

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, rumuskan kebutuhan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan permasalahan (wajib menambahkan metode komputasi).

1. Alat yang dirancang harus dapat mengukur kondisi kesehatan jamaah haji secara .
2. Alat yang dirancang harus dapat mendeteksi dengan hasil yang akurat.
3. Alat yang dirancang harus dapat mendeteksi lokasi dan mengirimkan informasi lokasi Jemaah ke muthawif secara *realtime*
4. Alat yang dirancang harus dapat memberi notifikasi kepada muthawif apabila para jamaah terdeteksi kondisi kesehatan abnormal.
5. Alat yang dirancang harus nyaman digunakan dan daya tahan baterai yang lama sehingga dapat digunakan saat proses ibadah haji.

1.1.4 Tujuan

Berdasarkan kebutuhan yang harus dipenuhi, tujuan yang ingin dicapai untuk penentuan solusi masalah ini, dimana Perangkat yang dirancang harus mampu mengukur tingkat kesehatan jemaah, memberikan notifikasi peringatan kepada muthawif saat kondisi kesehatan jemaah berada dalam keadaan berbahaya, serta mendeteksi dan mengirimkan informasi lokasi jemaah kepada muthawif secara *real-time*. Sehingga mengurangi risiko kesalahan dalam pemantauan kesehatan dan lokasi selama pelaksanaan ibadah haji.

1.2 Solusi

Dari permasalahan diatas dapat diajukan beberapa buah solusi untuk mencegah agar permasalahan tersebut tidak terjadi. Solusi yang akan ditawarkan haruslah memiliki beberapa fitur atau spesifikasi agar tercapainya tujuan dikemudian hari. Untuk mencapai tujuan yang diinginkan, perlunya mengetahui tentang karakteristik produk yang akan dirancang.

1.2.1 Karakteristik Produk

1. Fitur Dasar

Fitur dasar merupakan fitur yang menjadi kemampuan utama dari rancangan solusi alat yang akan diciptakan nantinya, berikut fitur dasar yang harus ada pada rancangan alat tersebut:

- a. *Sensing Capability*: Memberikan Sensor yang memiliki kemampuan deteksi tingkat kesehatan dan mengirimkan informasi terkait perubahan Kesehatan yang dialami jamaah haji yang nantinya akan terkirim datanya ke aplikasi *mobile muthawif*.
- b. *Warning Notification*: Memberikan informasi warning terkait Kesehatan Jemaah haji kepada muthawif sehingga muthawif dapat mengetahui lokasi.
- c. Akurat: *system* dapat memberikan informasi Kesehatan yang sesuai dengan keadaan sekarang dan informasi lokasi yang tepat.
- d. *Real-time*: pemrosesan data secara *realtime* sehingga informasi yang dikirim atau diterima secara langsung.
- e. Metode *Computasi*: Pemrosesan dan pengolahan *system* yang digunakan.

2. Fitur Tambahan

- a. Biaya < 2.000.000
- b. Selesai < 6 bulan
- c. *Location detection*
- d. *Casing* kokoh dan simple
- e. *Low power consumption*: Untuk memudahkan dalam penggunaannya, alat yang dirancang bersumber daya dari baterai.

1.2.2 Usulan Solusi

1.2.2.1 Solusi 1: Sistem *Monitoring Kesehatan Jemaah* dengan memanfaatkan Detak Jantung dan kadar oksigen dalam darah sebagai informasi tingkat kelelahan dan *Warning Notification Location* untuk muthawif.

Sistem ini memanfaatkan detak jantung dan kadar oksigen dalam darah sebagai informasi tingkat kelelahan jemaah, serta memberikan notifikasi peringatan lokasi kepada muthawif. Sistem ini dilengkapi sensor detak jantung dan modul GPS. Setiap kali jemaah mengalami detak jantung yang tidak normal pada suatu titik waktu tertentu, data detak jantung dan lokasi mereka akan dikirim ke *dashboard* yang diakses oleh muthawif. Solusi ini memenuhi kebutuhan pemantauan kesehatan dan lokasi jemaah dengan menyediakan kemampuan untuk memantau detak jantung jemaah secara *real-time*, yang berguna untuk mengidentifikasi tingkat kelelahan dan potensi masalah kesehatan. Selain itu, fitur pelacakan lokasi berbasis GPS memastikan bahwa muthawif selalu mengetahui posisi jemaah, memungkinkan respon cepat jika ada jemaah yang membutuhkan bantuan. Fitur tambahan yang diharapkan termasuk alat yang mudah dibawa dan tidak mengganggu aktivitas jemaah, serta notifikasi otomatis kepada muthawif jika detak jantung jemaah mencapai level yang mengindikasikan kelelahan atau kondisi tidak normal. Sistem juga dapat menyimpan riwayat lokasi dan kesehatan setiap jemaah, yang bisa dianalisis untuk memberikan perawatan yang lebih baik. Selain itu, integrasi dengan aplikasi *mobile* memungkinkan muthawif menerima notifikasi langsung diaplikasi sehingga dapat memberikan bantuan dengan cepat.

1.2.2.2 Solusi 2 : Sistem Pemantauan Kesehatan Jemaah haji dengan memanfaatkan tekanan darah dan suhu tubuh sebagai deteksi tingkat resiko *hipotensi* ataupun *hipertensi* terintegrasi perangkat *wearable* terhubung dengan aplikasi mobile muthawif.

Sistem ini memanfaatkan aplikasi *mobile* yang terintegrasi dengan perangkat *wearable* untuk pemantauan lokasi dan kesehatan jemaah haji. Sistem akan mengukur tekanan darah jemaah dan suhu tubuh, yang merupakan indikator penting kesehatan, dan mengirim data ini ke aplikasi *mobile* yang diakses oleh muthawif. Aplikasi ini juga menggunakan GPS untuk melacak lokasi jemaah secara *real-time*. Kebutuhan utama untuk memantau kesehatan jemaah haji dapat dipenuhi melalui pemantauan tekanan darah secara kontinu. Hal ini penting untuk mendeteksi kondisi seperti hipertensi yang dapat berbahaya selama ibadah haji. Fitur dasar lainnya termasuk pelacakan lokasi berbasis GPS yang memungkinkan muthawif mengetahui posisi setiap jemaah setiap saat, mengurangi risiko jemaah tersesat atau hilang. Fitur tambahan yang diharapkan dari sistem ini termasuk kemampuan untuk memberikan notifikasi otomatis jika tekanan darah jemaah berada di luar batas normal. Integrasi data kesehatan dengan peta lokasi juga dapat membantu muthawif dalam mengambil keputusan cepat dan tepat. Selain itu, aplikasi *mobile* bisa menyediakan riwayat tekanan darah dan lokasi jemaah, yang bisa dianalisis untuk memberikan perawatan kesehatan yang lebih jelas.

1.2.2.3 Solusi 3 : Sistem *Monitoring* kesehatan jamaah haji dengan memanfaatkan Kelembaban Kulit sebagai pengukuran dehidrasi dan stress yang terhubung ke aplikasi mobile muthawif Sebagai informasi Kesehatan dan lokasi Jamaah haji secara *realtime*.

Sistem ini menggunakan sensor kelembaban kulit untuk mendeteksi dehidrasi dan tingkat stress pada jamaah haji. Sensor ini dipasang pada perangkat *wearable* yang mudah digunakan dan tidak mengganggu aktivitas jamaah. Data kelembaban kulit diukur secara *real-time* dan dikirim ke aplikasi mobile yang diakses oleh muthawif, yang juga dilengkapi dengan modul GPS untuk pelacakan lokasi. Pemantauan kelembaban kulit secara kontinu membantu dalam mendeteksi dehidrasi dan tingkat stress, yang merupakan masalah kesehatan serius selama ibadah haji. Sistem ini memberikan notifikasi otomatis kepada muthawif jika tingkat kelembaban kulit menunjukkan tanda-tanda dehidrasi dan stress yang berlebihan. Integrasi dengan GPS memastikan muthawif dapat dengan cepat menemukan jamaah yang membutuhkan bantuan. Fitur tambahan yang diharapkan termasuk kemampuan menyimpan riwayat data kelembaban kulit dan lokasi jamaah, yang bisa digunakan untuk analisis lebih lanjut dan memberikan perawatan yang lebih baik.

1.2.3 Analisis Usulan Solusi

Berdasarkan usulan solusi yang disebutkan dilakukan analisis terhadap masing-masing usulan solusi dengan metode *House of Quality*. Metode ini berdasarkan keterhubungan antara fitur dasar dan fitur tambahan serta berdasarkan keterkaitan antara fitur dasar untuk setiap solusi yang ditawarkan. Sebagai Berikut:

Tabel 1.2 House Of Quality

House Of Quality	HOW	▲	▲	▲	▼	▲
<ul style="list-style-type: none"> ● = Strong (5) ○ = Medium (3) △ = Weak (1) = No Relation (0) 	<i>Customer importance rating</i> (1 = low, 5 = high)	<i>Sensing Capability</i>	<i>Warning Notification</i>	<i>Real-time</i>	<i>Metode Komputasi</i>	<i>Akurat</i>
Biaya < Rp.3.000.000	4	○		○	○	
Selesai dalam waktu 6 bulan	5	●	●	△	●	○
<i>Low Operational Cost</i>	2	△	△	△	●	△
<i>Location detection</i>	5	△	△	●	○	●
Casing menarik	3	●			○	
<i>Low power consumption</i>	3	●	△	○	○	△
Jumlah		74	35	53	80	45
Persentase		25,7 %	12,2 %	18,4 %	27,9 %	15,7 %
Solusi 1 : Detak Jantung dan kadar oksigen dalam darah		● ○	○	○	●	○
Solusi 2: Tekanan Darah dan suhu		○	○	●	○	●
Solusi 3: Kelembapan Kulit		●	○	●	○	○

Dilakukan Analisis *House of Quality* didapatkan dengan menghitung poin akhir dari setiap solusi yang ada, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Solusi 1: } & (5 \times 25,7\%) + (3 \times 12,2\%) + (3 \times 18,4\%) + (5 \times 27,9\%) + (3 \times 15,7\%) \\ & = 1,285 + 0,366 + 0,552 + 1,35 + 0,471 = 4,024 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Solusi 2: } & (3 \times 25,7\%) + (3 \times 12,2\%) + (5 \times 18,4\%) + (3 \times 27,9\%) + (5 \times 15,7\%) \\ & = 0,771 + 0,366 + 0,92 + 0,837 + 0,785 = 3,679 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Solusi 3: } & (5 \times 25,7\%) + (3 \times 12,2\%) + (5 \times 18,4\%) + (3 \times 27,9\%) + (3 \times 15,7\%) \\ & = 1,285 + 0,366 + 0,92 + 0,837 + 0,471 = 3,879 \end{aligned}$$

1.2.4 Solusi Yang Dipilih

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *House of Quality*, didapatkannya nilai solusi 1 dan solusi 3 berdekatan dan paling tinggi, dibandingkan dengan solusi 2 yang mendapatkan poin lebih rendah. Untuk solusi pertama yaitu “ Sistem *Monitoring* Kesehatan Jemaah dengan memanfaatkan Detak Jantung dan kadar oksigen dalam darah sebagai informasi tingkat kelelahan dan *Warning Notification Location* untuk muthawif.” mendapatkan point 4,024. Sistem ini menggunakan sensor detak jantung dan kadar oksigen yaitu Max30100 dengan metode komputasi yang lebih ringan dibandingkan solusi 2 dan 3.

Karena melibatkan pengambilan sinyal PPG, pemrosesan sinyal untuk menghilangkan *noise*, dan penghitungan interval antar puncak (R-R interval) untuk menentukan detak jantung dan menghitung saturasi oksigen sehingga dapat mendeteksi lebih banyak jenis kesehatan. Dari analisis HOQ tersebut penulis memilih solusi 1 karena solusi ini mendapatkan nilai prioritas tinggi serta mencukup deteksi tingkat kelelahan, jantung dan potensi masalah dengan komputasi yang tidak terlalu tinggi sehingga dimungkinkannya untuk dilakukan deteksi secara akurat dan informasi lokasi secara *real Time*.