

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan Masalah

Kebugaran jasmani adalah kemampuan tubuh dalam melaksanakan tugas sehari-hari secara efisien untuk jangka waktu yang relatif lama tanpa menyebabkan kelelahan yang tidak semestinya. Ada lima landasan dasar kebugaran yaitu daya tahan jantung dan paru-paru, kekuatan otot, kelenturan, dan komposisi tubuh[1]. Kondisi tubuh yang sehat dan terhindar dari penyakit kronis, masyarakat disarankan untuk aktif secara fisik. Aktivitas fisik merujuk kepada gerakan yang membutuhkan kontraksi otot[2]. Sementara itu olahraga merupakan bentuk khusus dari aktivitas fisik yang terencana dan sengaja dilakukan untuk menyehatkan badan. Contohnya, lari, senam, renang, bersepeda dan sebagainya[3]. Untuk dapat berpartisipasi dalam kegiatan olahraga diperlukan pengetahuan tentang keadaan fisik sendiri pada awal ataupun setelah melakukan aktivitas fisik untuk mengetahui kemajuan setiap kali melakukan aktivitas fisik tersebut.

Kegiatan olahraga tidak boleh dilakukan secara asal-asalan, tetapi harus dilakukan dengan aturan dan teknik yang benar[3]. Kesadaran masyarakat tentang pentingnya berolahraga tidak didampingi dengan pengetahuan yang cukup tentang bagaimana cara melakukan olahraga fisik yang benar, terutama bagi masyarakat yang pemula untuk olahraga fisik[3]. Masyarakat yang merupakan pemula untuk olahraga fisik tidak mempertimbangkan daya tahan tubuh terhadap aktivitas olahraga fisik sehingga masyarakat pemula berisiko melakukan olahraga fisik yang bisa membahayakan bagi tubuh[4]. Contoh dari risiko berbahaya karena pelaksanaan olahraga fisik yang tidak baik adalah gagal jantung, penurunan kualitas fisik, dan kelelahan[2].

Beragam pengertian atau istilah yang dipahami dimasyarakat dan khususnya pada dunia olahraga yang berkaitan dengan pengertian kelelahan, kelelahan bisa diistilahkan dengan kecapekan, kepenatan, atau kepayahan. Kelelahan menunjukkan kondisi yang berbeda-beda dari setiap individu, tetapi semuanya

bermuara pada kehilangan efisiensi dan penurunan kapasitas kerja serta kelelahan merupakan mekanisme perlindungan tubuh agar tubuh menghindari kerusakan lebih lanjut, sehingga terjadi pemulihan[5]. Kelelahan juga berpengaruh kepada kondisi psikis seseorang, hal tersebut dapat mengakibatkan penyumbatan darah yang mengalir pada jantung. Jika hal ini terjadi terus menerus maka besar potensi seseorang mengalami serangan jantung dan resiko kematian yang tinggi[6]. Kelelahan yang terjadi biasanya dapat di tandai dengan denyut nadi yang semakin cepat, jantung yang berdebar-debar, dan adanya perubahan pada suhu tubuh. Ketika seseorang telah mengalami penurunan fungsi tubuh saat berolahraga, maka orang tersebut harus beristirahat agar jantung dan anggota tubuh lain tidak begitu dipaksakan untuk bekerja keras[4]. Indeks pada ketahanan dan kekuatan tubuh adalah refleksi menyeluruh dari kondisi fisik sepanjang hari. Ketahanan dan kekuatan tubuh dinilai dengan menganalisis sinyal dari jantung seperti variabilitas detak jantung. Jantung sebagai organ vital dalam tubuh manusia, memainkan peran utama sebagai alat pemompa darah untuk menyuplai oksigen ke seluruh tubuh[7]. Karena fungsi krusialnya, monitoring kinerja jantung menjadi sangat penting terutama saat melakukan aktivitas fisik.

Pemula dalam berolahraga, yaitu mereka yang jarang atau baru mulai berolahraga, menjadi fokus utama permasalahan ini. Minimnya pemahaman tentang aktivitas fisik membuat mereka rentan terhadap risiko kesehatan jika tidak memperhatikan kondisi tubuh saat berolahraga. Indikator seseorang sebagai pemula dalam berolahraga bervariasi. Atlet berlatih untuk mencapai prestasi, sementara pemula umumnya berolahraga untuk menjaga kesehatan. Jadwal dan porsi latihan pun berbeda antara atlet dan pemula..

Oleh sebab itu pihak yang difokuskan pada permasalahan ini yaitu orang yang pemula dalam berolahraga, karena orang yang pemula dalam berolahraga sangat minim akan pengetahuan kondisi tubuh dan sering menghiraukan apabila kondisi tubuh mereka sudah mulai tidak baik.

Pengetahuan tentang kondisi tubuh saat berolahraga pada pemula sangat penting agar menghindari kelelahan berlebihan dan potensi penyakit. Pengawasan dan

pemahaman dalam berolahraga juga krusial untuk kesejahteraan tubuh. Oleh karena itu, diperlukan sebuah teknologi yang dapat mengukur kelelahan saat berolahraga

1.1.1 Informasi Pendukung Masalah

Jantung memiliki fungsi sebagai pemompa darah, sehingga dapat mengalir ke seluruh tubuh, hal ini membuat kinerja jantung menjadi lebih berat saat melakukan olahraga fisik seperti lari[7]. Pada saat melakukan kegiatan olahraga tubuh membutuhkan tenaga besar, menyebabkan otot memerlukan lebih banyak oksigen. Semakin cepat intensitas olahraga, semakin banyak oksigen yang dibutuhkan, Paru-paru akan bekerja keras mengolah oksigen sedangkan jantung akan berdetak memompa darah ke seluruh tubuh membawa oksigen hasil olahan paru-paru dengan kecepatan yang tinggi.

Detak jantung normal bayi baru lahir berkisar antara 100 – 205 *beat per minute* (BPM), anak berusia 1- 10 tahun berkisar antara 70 - 120 BPM remaja dan dewasa berkisar 60 – 100 BPM. Kondisi fisik yang bugar biasanya akan memiliki detak jantung yang lebih rendah dan kondisi medis juga mempengaruhi detak jantung manusia[7]. Detak jantung normal pada saat istirahat berkisar antara 60-100 BPM. Pada saat lari, detak jantung akan meningkat sesuai dengan tingkat aktivitas yang dilakukan. Detak jantung memiliki batas maksimal, yang dapat dihitung dengan rumus $(220 - \text{usia})$. Rentang normal detak jantung ketika berolahraga lari berkisar antara 50%-80% dari maksimal detak jantung[7].

Untuk mempermudah mencegah kelainan detak jantung yang akan beresiko mengalami serangan jantung, maka diperlukan pemahaman untuk mengatur maksimal detak jantung normal contohnya saat berlari. Contohnya usia 23 tahun, maka batas maksimal detak jantung adalah 197 BPM yang didapat dari rumus $(220 - 23)$. Peningkatan detak jantung saat berlari berkisar antara 98 - 158 BPM. Apabila detak jantung melewati 80% dan terasa sakit terhadap tubuh, aktivitas harus dikurangi untuk menghindari bahaya detak jantung yang berdetak lebih cepat. Pada kondisi tertentu, tubuh merasa sakit namun detak jantung masih berkisar dari 60% - 70%, maka aktivitas olahraga tetap harus dikurangi, hal ini disebabkan oleh berbagai faktor mulai dari kondisi kesehatan sampai dengan kebiasaan berolahraga. Dengan mengatur maksimal detak jantung normal ketika berlari dapat

mempermudah mencegah Kelainan detak jantung yang akan beresiko mengalami serangan jantung[5].

Ketahanan seseorang dalam berolahraga juga bergantung pada kadar oksigennya. Kadar oksigen dalam darah pada tubuh normal yaitu berkisar 95-100% SaO₂[4]. Saat seseorang berolahraga atau melakukan aktivitas fisik lainnya, tubuh membutuhkan lebih banyak oksigen untuk mendukung aktivitas otot yang meningkat. Ini dapat menyebabkan peningkatan laju pernapasan dan jantung untuk meningkatkan suplai oksigen ke jaringan[8].

Jika kadar oksigen dalam darah kurang dari 95% orang tersebut sudah mengalami hipoksemia ringan, sedangkan kurang dari persentase tersebut akan mengalami hipoksemia berat. Hipoksemia adalah suatu kondisi di mana jaringan tubuh kekurangan oksigen. Kondisi ini disebabkan oleh hipoksia, yaitu tingkat oksigen dalam darah lebih rendah dari tingkat normal[8].

Detak jantung dan kadar oksigen dalam darah dapat memberikan indikasi kelelahan pada tubuh dan adanya kelainan pada tubuh ketika melakukan olahraga fisik[4]. Dengan mengetahui detak jantung normal saat berolahraga, akan memberikan pemahaman lebih kapan harus mengurangi laju atau intensitas gerakan dan kapan harus meningkatkannya, hal ini akan membantu mendapatkan manfaat olahraga yang maksimal, karena tidak melakukannya secara berlebihan. Indikasi kelelahan pada tubuh dapat mencegah atau mengurangi risiko kesehatan seperti serangan jantung yang bisa berakibat kematian[4].

Telah terjadi beberapa kasus yang diakibatkan kelelahan yang dialami saat olahraga lari yang memicu datangnya penyakit lain, kasus pertama terjadi pada laki-laki bernama Muhammad jufri. Muhammad Jufri meninggal dunia setelah tiba-tiba pingsan di kilometer ke-7 pada hari Minggu pagi, 4 September 2022 saat mengikuti event Balikpapan 10K. Menurut keterangan Kepala Dinas Kesehatan Balikpapan dr Andi Sri Juliarty, dari catatan Tim P3K, beberapa saat sesudah ditangani, tekanan darah atau denyut jantung sudah tidak terukur, pupil atau anak mata 3 milimeter atau mengecil, dan kesadaran hilang[9].

Kasus lain yang dialami seseorang berinisial IW. Laki-laki berusia 53 tahun dari Serang Banten itu meninggal dunia setelah tiba-tiba terjatuh di kilometer 19 pada Minggu pagi, 16 Oktober 2022 lalu. Pelari tersebut meninggal saat mengikuti kegiatan Mandiri Jakarta Marathon dikategori half marathon[10].

Dari kasus tersebut penyebab utamanya yaitu faktor kelelahan yang burujung pada terjadi nya *Sudden Cardiac Death* atau kematian jantung mendadak. Menurut Dr Bobby Arfhan Anwar SpJP (K), penyebab kasus henti jantung terjadi salah satunya yaitu karena gangguan irama jantung, gangguan irama jantung berat dicetuskan oleh suatu aktivitas yang berat, jantung tidak bisa berkontraksi dengan optimal hingga mengalami henti jantung mendadak. Gejala yang dialami korban di antaranya mengalami penurunan kesadaran atau pingsan ketika jantung berhenti memompa darah ke seluruh tubuh termasuk ke otak[10].

Fokus utama dari masalah ini yaitu masyarakat yang pemula dalam berolahraga, selain itu studi kasus dari sistem yang akan dirancang nantinya akan digunakan dalam olahraga kardio. Olahraga kardio adalah olahraga yang menaikkan detak jantung dan pernapasan. Jenis olahraga ini dikenal juga sebagai olahraga aerobik karena memerlukan banyak oksigen dan otot besar untuk melakukan aktivitas fisik tersebut[11]. Olahraga kardio dapat meliputi jalan kaki, jogging atau lari, bersepeda, lompat tali atau skipping, naik turun tangga dan jumping jack. Olahraga tersebut diperlukan untuk melatih jantung dan pernapasan sehingga sangat diperlukan dalam pemantauan detak jantung serta saturasi oksigen dalam tubuh pengguna. Penggunaan sistem yang akan dirancang akan dapat digunakan pada berbagai olahraga, selama dapat memperhatikan kondisi dan jenis olahraga yang sesuai, seperti pada olahraga renang sangat tidak dianjurkan dalam penggunaannya.

Solusi yang telah ada pada saat ini berupa alat pengukur detak jantung dan kadar oksigen atau Oximeter. Penggunaan oximeter dianjurkan oleh tenaga medis agar dapat mengukur detak jantung dan kadar oksigen dalam tubuh, namun oximeter hanya dapat mengukur detak jantung dan saturasi oksigen dalam darah. Selain itu, oximeter juga merupakan medis dan tidak dapat digunakan pada saat berolahraga.

1.1.2 Analisa Masalah

Analisa masalah merupakan pengkajian, dan pemahaman dari akar masalah terkait rumusan masalah yang telah dirancang, masalah yang disampaikan harus berdasarkan berbagai aspek. Perencanaan untuk mengatasi kelelahan pada tubuh saat berolahraga, solusi yang akan dirancang yaitu sebuah alat yang mana dapat mengukur kondisi tubuh seseorang yang sedang berolahraga. Berdasarkan rumusan masalah tersebut, berikut analisa dari rumusan masalah :

1. Konstrain Ekonomi

Dalam perancangan untuk membuat alat tersebut diperlukan *cost* atau biaya, karena alat yang akan dibangun nantinya akan membutuhkan beberapa komponen dan sensor. Untuk solusi yang ditawarkan, biaya dari pembuatan alat tersebut tidak melebihi Rp 1.000.000

2. Konstrain Manufacturability

Perencanaan rancangan dari solusi yang akan diajukan, tidak menggunakan banyak kabel yang mana sangat efisien saat digunakan saat berolahraga.

3. Konstrain Sustainability

Alat yang dirancang didesain untuk dipakai jangka waktu yang lama dan dirancang sebaik mungkin untuk dapat digunakan secara berkelanjutan.

4. Konstrain Waktu dan Sumber daya

Produk dapat dikerjakan dalam waktu 6 bulan oleh satu orang dengan jam kerja 12 jam perminggu.

5. Konstrain Etika

Alat yang akan dibangun tidak mengganggu saat digunakan sesuai dengan kebutuhannya serta efisien digunakan saat berolahraga

6. Konstrain Kesehatan

Komponen yang dipakai bukanlah produk atau barang dari bahan kimia dan tidak mengganggu kesehatan pengguna atau *stakeholder* yang memakai.

7. Konstrai Kesejahteraan

Produk yang ditawarkan nantinya dapat membantu pengguna yang mengidap penyakit jantung dalam berolahraga dan tidak perlu khawatir dalam melakukan olahraga fisik. Produk juga bisa digunakan bagi pengguna yang tidak memiliki riwayat penyakit jantung

1.1.3 Kebutuhan yang harus dipenuhi

Berdasarkan analisa yang telah dipaparkan, perancangan alat dari solusi yang akan dirancang akan membutuhkan beberapa kebutuhan yang akan dipenuhi supaya tercapainya hasil yang dituju. Berikut adalah kebutuhan yang harus dipenuhi :

1. Alat yang dirancang harus dapat mengukur detak jantung atau kadar oksigen dalam tubuh
2. Alat yang dirancang harus dapat mendeteksi kelelahan dari pengukuran detak jantung maupun kadar oksigen
3. Alat yang dirancang harus dapat memberi notifikasi kepada pengguna bila sudah memasuki kondisi kelelahan
4. Alat yang dirancang harus dapat terhubung secara *real time* supaya tidak terjadi kesalahan dalam pengukuran kondisi tubuh stakeholder dan bersifat *wearable*

1.1.4 Tujuan

Berdasarkan kebutuhan yang harus dipenuhi dapat ditarik sebuah tujuan yang akan menentukan suatu solusi dari permasalahan atas rumusan masalah yang akan diselesaikan. Berikut ini beberapa tujuan yang akan menentukan solusi yang akan diusulkan dalam menyelesaikan permasalahan :

1. Sistem yang dapat memonitoring kelelahan saat berolahraga
2. Sistem yang dapat mengukur detak jantung dan saturasi oksigen pada tubuh pengguna
3. Sebuah sistem monitoring tubuh yang dapat digunakan saat berolahraga

4. Sistem yang dapat memonitoring secara *real time* dan *wearable*.

1.2 Solusi

Dari permasalahan diatas dapat diajukan beberapa buah solusi untuk mencegah agar permasalahan tersebut tidak terjadi. Usulan solusi yang ditawarkan bertujuan untuk memastikan bahwa rancangan sistem yang diusulkan sesuai dengan batasan realistik yang ditentukan serta telah mengakomodasi kebutuhan awal prototyping yang telah disesuaikan dengan keinginan pengguna. 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 Prduk

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. **Keakuratan sensor** : Alat yang akan dirancang haruslah memiliki kinerja pemroses data yang yang cepat dan kinerja yang akurat, hal ini diperlukan agar mengetahui dan menghitung detak jantung dan kadar oksigen dalam secara langsung kondisi tubuh stakeholder saat berolahraga.
- b. **Bekerja secara langsung** : Sistem akan bekerja secara langsung (*real time*) dalam mengukur kondisi tubuh pengguna saat menggunakan sistem atau alat.

2. Fitur Tambahan

Fitur tambahan merupakan sebuah fitur yang bukan fitur utama yang berfungsi untuk meningkatkan nilai atau fungsionalitas dari alat yang akan dirancang. Berikut ini fitur tambahan yang akan ditambahkan pada perencanaan solusi :

- a. **Sistem yang terhubung pada *smartphone*** : Kemampuan alat yang dapat terhubung dengan *smartphone* user yang sedang berolahraga dan bersifat *real time*.
 - b. ***Low power consumption*** : Untuk memudahkan dalam penggunaannya, alat yang dirancang bersumber daya dari baterai.
 - c. ***Notification capaility*** : Kemampuan sistem dalam memberikan notifikasi saat kondisi pengguna sudah dalam kondisi kelelahan kepada pengguna.
3. Sifat Solusi
- a. **Estetis** : hal ini karena alat yang akan dirancang didesain khusus untuk berolahraga, tidak mengganggu saat proses olahraga dan mudah digunakan serta mempunyai tampilan yang estetis.
 - b. **Low cost** : Harga alat tersebut tergolong murah karena diperkirakan tidak lebih dari Rp 1.000.000

1.2.2 Usulan Solusi

Skenario dari perancangan alat yang akan diajukan sebagai solusi yaitu alat digunakan pada bagian tubuh yang terdapat pembuluh darah, selanjutnya alat atau sistem akan mengukur detak jantung serta kadar oksigen melalui sensor. Sensor yang digunakan haruslah dapat mengolah sinyal yang dihasilkan jantung, kemudian setelah sinyal tersebut diolah maka didapatkan kondisi tubuh pengguna yang sedang berolahraga tersebut. Informasi pembacaan kondisi tubuh yang sudah tidak stabil selanjutnya akan dikirimkan pada pengguna lewat pemberitahuan dari perangkat. Terdapat 3 buah usulan solusi dari skenario perancangan alat yang akan ditawarkan.

1.2.2.1 Solusi 1 : Monitoring kelelahan dari olahraga fisik dengan memanfaatkan sinyal *Photoplethysmograph* (PPG)

Alat atau sistem ini akan bekerja dengan memanfaatkan sinyal *Photoplethysmograph* (PPG) untuk memperoleh informasi tentang berbagai hal yang berkaitan dengan psikologi seseorang, diantaranya dalam monitoring detak

jantung, mengamati kerja dan kelainan jantung, monitoring pernapasan serta mengatur kandungan oksigen dalam darah[4]. Sinyal PPG merupakan sinyal yang dapat memonitoring detak jantung dengan melihat perubahan volume darah dalam pembuluh darah di tubuh seseorang. Sensor yang akan digunakan pada solusi satu ini menggunakan sensor yang dapat menghitung data melalui sinyal PPG. Skenario dari perancangan solusi satu ini yaitu dengan meletakkan sensor pada pergelangan tangan yang terdapat pembuluh darah.

Dengan memanfaatkan sensor yang dapat mengukur kadar oksigen dan detak jantung melalui sinyal PPG, sistem akan memberikan output berupa indikasi kelelahan pada pengguna dengan pengukuran detak jantung dan saturasi oksigen manusia. Peringatan bahwa kondisi tubuh telah mengalami kelelahan akan dikirimkan melalui getaran yang bersumber dari alat yang dipakai oleh pengguna saat berolahraga. Pemberitahuan lain akan diberikan kepada pengguna melalui notifikasi aplikasi, notifikasi tersebut akan diterima lewat *smarthphone* milik pengguna yang telah terinstall aplikasi dari sistem. Aplikasi tersebut dirancang khusus untuk keperluan sistem dan perangkat.

1.2.2.2 Solusi 2 : Monitoring detak jantung dengan memanfaatkan ujung jari sebagai perhitungan kelelahan

Pada solusi kedua alat yang akan dirancang menggunakan metode atau cara perhitungan yang sama dengan alat pengukur detak jantung oxymeter yaitu ujung jari sebagai pusat pengukuran dalam mengukur atau memonitoring detak jantung manusia pada saat berolahraga. Ujung jari dipilih sebagai pengukuran karena pada ujung jari terdapat banyak pembuluh darah yang dapat dijadikan indikator untuk memonitoring detak jantung sebagai perhitungan untuk menentukan tingkat kelelahan saat berolahraga.

Sensor yang digunakan dapat mengukur detak jantung yang ada pada ujung jari, dengan hal ini sistem akan menghitung pembacaan dari sensor dan sistem akan mengindikasikan kelelahan dari kinerja jantung penggunanya.

Notifikasi atau pemberitahuan saat tubuh mengalami kondisi lelah pada solusi ini menggunakan bunyi atau alarm. Alarm yang bersumber dari perangkat akan

berbunyi saat kondisi detak jantung sudah tidak normal dan melewati batas normal detak jantung, selain itu notifikasi juga tersambung pada ponsel milik pengguna lewat bot aplikasi telegram yang terhubung dengan perangkat pengguna.

1.2.2.3 Solusi 3 : Sistem yang dapat memonitoring kelelahan dengan memanfaatkan tekanan udara pernafasan

Solusi alternatif lain yang dapat ditawarkan yaitu sistem yang dapat menentukan tingkat kelelahan manusia dengan menggunakan tekanan udara yang keluar saat pengguna berolahraga. Tekanan udara selama berolahraga dapat dijadikan indikasi kelelahan, karena kebutuhan oksigen dalam jantung saat berolahraga sangat tinggi otomatis kecepatan dan tekanan udara juga semakin meningkat.

Perangkat atau komponen yang dibutuhkan pada solusi ketiga ini yaitu dapat mengukur detak jantung serta dapat mengukur tekanan udara atau nafas pengguna. Selama proses olahraga berlangsung, sensor akan membaca kondisi tubuh seseorang dengan menggunakan dua buah sensor yang digunakan pada perangkat yang akan dirancang, dan notifikasi akan ditampilkan melalui layar berupa LCD yang ada pada perangkat. Kondisi dan riwayat berolahraga pengguna akan melalui bot telegram setiap kali pengguna berolahraga.

Pemberitahuan tingkatan kelelahan ini dapat mengantisipasi kondisi pengguna karena sebelum pengguna mengalami fase kelelahan sistem akan memberitahu pengguna agar dapat beristirahat dan menormalkan detak jantung maupun laju pernafasan pengguna yang sedang berolahraga.

1.2.3 Analisa Usulan Solusi

Analisa solusi merupakan proses analisa serta pemilihan solusi yang telah ditawarkan, solusi dipilih melalui perhitungan *House Of Quality*. Perhitungan pemilihan solusi melibatkan *customer requirment* serta karakteristik produk sebagai variabel perhitungannya. Kemudian pada perhitungan HOQ tersebut juga terdapat perhitungan dalam menentukan solusi yang akan dipilih dari ketiga solusi yang ditawarkan.

a) Analisa *Customer Requirement* dan Karakteristik Produk

Pada tabel 1.1 Analisa *House Of Quality* terdapat *customer requirement* atau konstrain yang ada pada rumusan masalah ini. Konstrain tersebut berhubungan dengan fitur yang ditawarkan untuk dijadikan solusi. Setiap simbol yang ada pada tabel diberi nilai atau keterangan.

Konstrain biaya kurang dari Rp 1.000.000 berkaitan dengan performa komputasi dan konsumsi daya rendah, karena untuk mencapai akurasi yang baik diperlukan komponen berkualitas seperti sensor, mikrokontroler, dan sumber daya yang handal. Biaya ini juga mempengaruhi estetika produk, memastikan produk yang nyaman dan estetik saat digunakan. Sementara itu, fitur real-time dan notifikasi tidak terlalu terkait dengan biaya karena aspek performa sudah tercakup dalam fitur komputasi. Fitur *low cost* juga mendukung pencapaian biaya yang terjangkau, memastikan solusi tetap efektif tanpa mengorbankan kualitas..

Pada konstrain kedua, alat yang dirancang harus memiliki sedikit kabel. Fitur *Computing Performance* sangat berhubungan dengan konstrain ini, karena performa komputasi yang kuat memungkinkan pengukuran dan pemantauan kelelahan secara akurat tanpa perlu mengandalkan kabel yang kompleks. Fitur *Low Power Consumption* juga penting, karena alat harus efisien dalam penggunaan daya agar tidak bergantung pada kabel jumper dalam jangka waktu yang lama. Meskipun fitur konektivitas dengan smartphone kurang relevan dengan konstrain penggunaan kabel, fitur ini tetap memberikan nilai tambah dalam hal konektivitas dan pemantauan yang lebih luas. Fitur estetik juga relevan, karena alat ini harus memiliki desain yang menarik agar dapat diterima oleh pengguna yang peduli dengan penampilan. Sementara fitur *low cost* tidak secara langsung terkait dengan konstrain kabel, fitur ini tetap mendukung dari segi biaya untuk kebutuhan lainnya.

Pada bagian *sustainability* tidak terlalu banyak fitur yang berhubungan karena menyangkut pada aspek penggunaan secara berkelanjutan. Aspek tersebut cukup berkaitan pada konsumsi daya serta tampilan yang estetik dan rendah biaya, karena dalam beberapa fitur tersebut diperlukan untuk pemakaian jangka panjang dan penggunaan yang berkelanjutan dari pengguna dalam berolahraga.

Produk yang dapat selesai dalam 6 bulan akan berkaitan dengan performa komputasi dengan biaya yang murah karena dalam pengerjaan selama periode tersebut alat yang dirancang harus dapat memberikan tujuan dari produk yang akan dihasilkan, oleh karena itu masa produksi produk dan biaya yang murah diperlukan untuk mendesain, merancang, dan mengolah alat tersebut hingga dapat digunakan oleh pengguna.

Pengguna yang memiliki riwayat penyakit jantung akan dimudahkan dalam berolahraga dengan alat yang dirancang ini, saat digunakan berolahraga pengguna harus mendapatkan pemberitahuan tentang kondisi tubuh pengguna tersebut agar tidak terjadi hal buruk kedepannya. Fitur notifikasi, *real time*, dan terhubung pada *smarthphone* akan sangat membantu pengguna dalam berolahraga, karena pengguna tersebut akan tahu batasan dari kondisi tubuh selama berolahraga.

Pembacaan sensor dalam mengolah kondisi tubuh pengguna berkaitan dengan efisiensi dan tidak mengganggu saat digunakannya alat tersebut dalam berolahraga, karena saat pengguna sedang berolahraga sensor harus dapat menghitung kondisi tubuh pengguna dan secara langsung dapat menampilkan hasil pembacaan tersebut. Hasil data yang diolah dapat diberikan pada pengguna tanpa mengganggu pengguna dalam berolahraga. Tampilan estetis yang dapat disesuaikan dengan olahraga pengguna juga dapat memberikan nilai pada produk dalam efisiensi penggunaan dilapangan.

Dalam berolahraga pengguna diharapkan terhindar dari zat berbahaya agar tidak mengganggu selama proses berolahraga. Produk yang akan dirancang terbuat dari bahan yang bebas kimia sehingga tidak menimbulkan dampak buruk bila dilakukan selama pengguna berolahraga.

b) Analisa Perhitungan Solusi

Terdapat beberapa perbedaan antara solusi 1, 2, dan 3 pada penggunaan alat atau perangkat. Pada solusi 1 sensor untuk mengukur detak jantung dan kadar oksigen diletakkan pada pergelangan tangan, sedangkan pada solusi 2 menggunakan konsep yang sama dengan alat oxymeter yaitu sensor diletakkan pada ujung jari untuk menghitung kadar oksigen dan detak jantung pengguna. Solusi 3 menggunakan

sensor yang dapat mengukur tekanan udara dari pengguna saat berolahraga. Tekanan udara yang dihasilkan saat berolahraga sangat berkaitan dengan saturasi kadar oksigen dan detak jantung, maka dari itu sensor yang dipilih haruslah sesuai dengan kriteria tersebut dan penempatan sensor diletakkan pada saluran pernapasan dari penggunanya. Terkait pembahasan tersebut, solusi dengan tingkat keefektifan yang tinggi saat berolahraga terdapat pada solusi 1, karena peletakan dan penggunaan sensor yang tidak mempengaruhi saat proses berolahraga. Selain itu dengan memanfaatkan gelombang PPG dapat memudahkan dalam pembacaan indikator yang akan digunakan

Pemberitahuan yang diberikan oleh sistem pada setiap solusi yang ditawarkan juga terdapat perbedaan. Solusi 1 memberikan pemberitahuan kelelahan melalui getaran yang dihasilkan oleh perangkat, selain itu aplikasi yang dirancang pada perangkat ini juga memberikan notifikasi berupa kondisi tubuh pengguna telah mengalami kelelahan. Solusi 2 menggunakan suara buzzer sebagai pemberitahu kondisi kelelahan pada penggunanya dan notifikasi diberikan lewat bot aplikasi telegram yang terhubung pada perangkat dan ponsel pengguna. Pada solusi 3 pemberitahuan akan ditampilkan melalui screen layar yang terdapat pada perangkat, kemudian notifikasi juga diberikan berupa pesan peringatan dari chat bot telegram. Solusi 1 memiliki kemudahan dalam memberitahu kepada pengguna bahwa kondisi tubuh telah mengalami kelelahan. Getaran yang dihasilkan oleh perangkat akan memudahkan pengguna menyadari terdapat notifikasi yang masuk yang diberikan oleh sistem. Selain itu, getaran yang dihasilkan akan memudahkan dalam memberitahu pengguna saat pengguna tersebut berolahraga atau beraktivitas diluar ruangan dibandingka melalui suara.

Dari penjelasan analisis *house of quality* terdapat rumus dan perhitungan dalam menentuka solusi yang akan digunakan, rumus dan perhitungan pemilihan solusi sebagaia berikut :

Solusi 1

$$(3 \times 17,1\%) + (3 \times 15,3\%) + (3 \times 16,2\%) + (2 \times 11,7\%) + (3 \times 11,7\%) + (2 \times 18\%) + (2 \times 9,9\%) = 2,60$$

Solusi 2

$$(3 \times 17,1\%) + (2 \times 15,3\%) + (2 \times 16,2\%) + (2 \times 11,7\%) + (2 \times 11,7\%) + (1 \times 18\%) + (1 \times 9,9\%) = 1,89$$

Solusi 3

$$(3 \times 17,1\%) + (3 \times 15,3\%) + (2 \times 16,2\%) + (2 \times 11,7\%) + (3 \times 11,7\%) + (1 \times 18\%) + (2 \times 9,9\%) = 2,09$$

Tabel 1. 1 Tabel *House Of Quality*

		House of Quality							Minimize or maximize	
		Customer requirement							Karakteristik Produk	
	Ranking	A	B	C	D	E	F	G	Total	
1	Harga < Rp 1.000.000	●	○	○	●	○	○	○	○	5
2	Tidak banyak menggunakan kabel	●	○	○	●	○	○	○	○	3
3	Dapat digunakan secara berkelanjutan	○	○	○	○	○	○	○	○	2
4	Selesai dalam waktu 6 bulan	○	○	○	○	○	○	○	○	4
5	Tidak mengganggu saat digunakan berolahraga (Ersien)	○	○	○	○	○	○	○	○	3
6	keseljahteraan pengguna yang memiliki riwayat penyakit bukan dari bahan kimia	○	○	○	○	○	○	○	○	3
7		○	○	○	○	○	○	○	○	1
Keterangan :		Nilai								
Simbol		Persentase								
●	3 Berhubungan kuat	38	34	36	26	26	40	22	222	
○	2 Berhubungan	17,1%	15,3%	16,2%	11,7%	11,7%	18,0%	9,9%	2,6	
△	1 kurang berhubungan								1,89	
(kosong)	Tidak berhubungan								2,09	

1.2.4 Analisa Solusi

Pertimbangan dan perhitungan dari analisis *house of quality* mendapatkan hasil bahwa solusi 1 merupakan solusi yang terpilih dalam memecahkan rumusan masalah tentang pengetahuan tentang kondisi tubuh dalam berolahraga fisik terhadap pemula, dengan solusi yaitu alat monitoring kelelahan dari olahraga fisik dengan memanfaatkan sinyal *Photoplethysmograph* (PPG).

a) *Photoplethysmograph* (PPG)

PPG adalah teknik untuk mengukur perubahan volume darah yang dekat dengan lapisan kulit. Menggunakan fotodioda LED merah dan inframerah mengukur variasi gelombang cahaya untuk mengukur perubahan volume darah menggunakan metode[8]. Metode PPG ini membutuhkan cahaya dengan panjang gelombang yang dapat disesuaikan

Sinyal PPG memonitor detak jantung dengan melihat perubahan volume darah dalam pembuluh darah. Ini terjadi karena dua mekanisme jantung yaitu *sistol* (kontraksi) saat darah dipompa keluar, dan *diastol* (relaksasi) saat darah dipompa masuk. Dalam dua fase tersebut darah mengalir dengan kecepatan yang tinggi menuju bilik jantung yang bertekanan rendah. Pada sinyal PPG, dua gelombang berbeda digunakan untuk saturasi oksigen. Karena kepraktisan dan kesederhanaannya, instrumen medis termasuk denyut nadi digital dan monitor tekanan darah, diagnostik vaskuler, dan oksimeter nadi juga menggunakan teknologi ini[4].

b) *Pulse Oximeter*

Pulse oximeter adalah suatu metode non invasive untuk mengukur konsentrasi oksigen dalam darah (saturasi oksigen). Pulse Oximeter mengukur saturasi oksigen dalam pembuluh darah arteri terutama dalam hemoglobin (Hb). Sebuah sensor ditempatkan pada bagian tipis dari tubuh pasien, biasanya ujung jari atau dalam kasus bayi, dipasang di kaki. Pulse Oximeter mengirimkan cahaya yang terdiri dari gelombang cahaya merah dan gelombang inframerah dari satu sisi ke sisi lain yang akan mengubah serapan dari masing-masing dua panjang gelombang diukur. Berdasarkan rasio perubahan absorpsi cahaya merah dan inframerah, yang

disebabkan oleh perbedaan warna antara oksigen yang terikat (merah cerah) dan oksigen tidak terikat (gelap merah atau biru, pada kasus yang berat) hemoglobin darah, saturasi oksigen dapat dibuat atau diambil nilainya[8].

Komponen dari alat yang akan dibangun ini memerlukan beberapa sensor dan mikrokontroler, sensor untuk membaca detak jantung dan kadar oksigen yang dapat memanfaatkan sinyal *photoplethysmograph* yang digunakan yaitu sensor MAX30100. Dalam menghitung *pulse rate* Sensor ini mempunyai dua buah led yaitu led merah dan led inframerah, untuk *pulse rate* hanya diperlukan led inframerah, sedangkan untuk mengukur saturasi oksigen / kadar oksigen dalam darah diperlukan kedua led, maka dari itu pemilihan sensor MAX30100 cukup akurat dalam menghitung kadar oksigen dan detak jantung pada objek atau pengguna nantinya.

Mikrokontroler yang akan digunakan yakni ESP32, ESP32 dipilih karena memiliki modul Wi-Fi yang memungkinkan alat terhubung dengan ponsel pengguna. Pemberitahuan kelelahan diberikan melalui motor getar yang akan bergetar ketika detak jantung dan kadar oksigen melebihi batas normal saat berolahraga..

Ponsel milik pengguna juga akan memberikan notifikasi bila pengguna yang sedang berolahraga sudah mengalami kelelahan. Sistem yang akan dirancang akan berjalan menggunakan aplikasi berbasis Android. Pemberitahuan dari aplikasi ini akan mencakup riwayat kondisi tubuh dalam berolahraga dan menampilkan spesifik kadar oksigen dan detak jantung pengguna.

Alat yang dirancang nantinya akan digunakan dipergelangan tangan yang tidak akan mengganggu penggunaannya dalam berolahraga dan nyaman saat dipakai. Produk yang akan dibuat dirancang sebaik mungkin agar nilai tersebut tercapai dan keuntungan dari penggunaan alat tersebut didapatkan.