

Sistem Monitoring Kebugaran Kardiorespirasi Pada Usia 20 – 29 Tahun Berbasis *Internet Of Things*

Muhamad Faishal Adlan¹, Robinsar Parlindungan², Dini Rahmawati³

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : muhamad.faishal.tele19@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : robinsar.p@polban.ac.id

³Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : dini.rahmawati@polban.ac.id

ABSTRAK

Kebugaran kardiorespirasi berkaitan dengan kemampuan dari tubuh untuk mengalirkan oksigen ketika melakukan aktivitas fisik. Kebugaran kardiorespirasi dapat diketahui baik atau tidaknya menggunakan parameter VO_2Max . VO_2Max merupakan ukuran seberapa besar oksigen yang dapat diambil oleh tubuh. Terdapat metode untuk menentukan VO_2Max yaitu tanpa melibatkan aktivitas fisik, yakni dengan menggunakan parameter detak jantung, massa tubuh dan umur metode ini dapat disebut dengan metode tanpa olahraga. Penelitian ini bertujuan untuk monitoring kebugaran kardiorespirasi menggunakan metode tanpa olahraga memprediksi tingkat VO_2Max seseorang tanpa melakukan tes daya tahan kardiorespirasi terlebih dahulu. Teknologi yang digunakan adalah *Internet of Things* (IoT). Pada aplikasi Smartphone terdapat fitur pengisian data informasi diri dan hasil pengukuran sensor serta hasil dari pengukuran VO_2Max . Hasil pengujian *load cell* yang digunakan untuk mengukur massa tubuh pengguna memiliki tingkat akurasi sebesar 99,58% dan tingkat presisi sebesar 99,36%. Hasil pengujian *Heart Rate Sensor* untuk mengukur detak jantung dalam satuan *Beat Per Minute* (BPM) memiliki tingkat akurasi sebesar 93,37% dan tingkat presisi sebesar 92,26%. Hasil pengujian akhir mendapatkan bahwa alat dapat mengukur VO_2Max dari rendah hingga sangat baik dengan akurasi sebesar 98,95%. Pengukuran VO_2Max menggunakan metode tanpa olahraga dapat dengan mudah dilakukan dengan tanpa melakukan kegiatan fisik terlebih dahulu sehingga mudah dilakukan monitoring kebugaran kardiorespirasi.

Kata Kunci

Kebugaran Kardiorespirasi, VO_2Max , Internet Of Things (IoT), Aplikasi smartphone

1. PENDAHULUAN

Kebugaran kardiorespirasi merupakan tingkat kebugaran yang berkaitan dengan kondisi fisik dari seseorang. Komponen kebugaran jasmani terdiri dari 4 komponen yaitu daya tahan kardiorespirasi, daya tahan otot, kekuatan otot, dan fleksibilitas. Tingkat kebugaran kardiorespirasi buruk dapat menyebabkan penyakit kardiovaskular serangan jantung, nyeri dada, sesak dan stroke. Daya tahan kardiorespirasi dianggap komponen paling pokok dalam kebugaran jasmani [1]. Daya tahan kardiorespirasi sangat penting untuk menunjang kerja otot dengan mengambil oksigen dan menyalurkan keseluruhan jaringan otot yang sedang aktif sehingga dapat digunakan untuk metabolisme. Kebugaran

kardiorespirasi adalah kemampuan sistem peredaran darah dan pernapasan untuk memasok bahan bakar dan oksigen selama aktivitas fisik yang berkelanjutan. Kebugaran pada tubuh dapat diketahui melalui tingkat kebugaran kardiorespirasi yaitu melalui parameter maksimum oksigen yang dapat diambil oleh tubuh atau yang sering disebut dengan Volume Oksigen Maksimal (VO_2Max) [2]. VO_2Max merupakan kemampuan dari tubuh untuk mengalirkan oksigen keseluruhan tubuh ketika beraktivitas. Usia 20 – 29 tahun merupakan tingkat usia orang pada umumnya memiliki aktivitas yang padat sehingga dibutuhkan tingkat kebugaran kardiorespirasi yang baik agar dapat menunjang aktivitas yang padat maka

diperlukan agar mengetahui tingkat kebugaran kardiorespirasi berada pada tingkat sangat baik atau rendah lalu dapat ditindaklanjuti dengan meningkatkan atau mempertahankan kebugaran kardiorespirasi. Tingkat kebugaran kardiorespirasi yang sangat baik yaitu VO₂Max diatas 70 ml/kg/min untuk pria dan wanita berada diatas 60 ml/kg/min

Kebugaran kardiorespirasi dapat ditentukan melalui 3 metode yaitu menggunakan metode tes balke, metode tes jalan rockport dan metode tanpa olahraga. Metode tes balke merupakan tes yang digunakan untuk menentukan VO₂Max dengan berlari terlebih dahulu selama 15 menit. Metode tes jalan rockport merupakan tes untuk menentukan VO₂Max dengan cara melakukan jalan terlebih dahulu sejauh 1600 meter. Metode tanpa olahraga merupakan tes yang dilakukan untuk menentukan VO₂Max tanpa melakukan kegiatan atau serangkaian tes terlebih dahulu dan lebih mudah untuk dilakukan [3].

Berdasarkan ketiga metode diatas dalam menentukan VO₂Max maka dibuat alat sistem monitoring kebugaran kardiorespirasi pada usia 20 – 29 tahun menggunakan metode tanpa olahraga. Sistem yang dibuat menggunakan metode tanpa olahraga dengan tujuan agar dapat mempermudah prediksi tingkat VO₂Max tanpa melakukan olahraga atau serangkaian tes fisik terlebih dahulu [4]. Sistem monitoring kebugaran kardiorespirasi pada usia 20 – 29 tahun ini merupakan sistem yang menginformasikan kebugaran kardiorespirasi serta rekam *database* mengenai data kebugaran kardiorespirasi melalui aplikasi *smartphone*. Sistem ini diharapkan dapat membantu untuk mengetahui dan monitoring tingkat kebugaran kardiorespirasi tubuh sebagai indikator bahwa tingkat kebugaran kardiorespirasi tubuh pengguna berada pada tingkat baik atau tingkat yang buruk.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Sistem diwujudkan melalui perancangan dan realisasi dari sistem yang dibuat. Perancangan merupakan proses untuk mendefinisikan bagaimana sistem akan dibuat

sementara realisasi merupakan proses yang dilakukan untuk mewujudkan rancangan yang telah direncanakan.

Sistem melakukan perhitungan dengan tujuan untuk mencapai tujuan akhir dari sistem. Perhitungan tersebut yaitu VO₂Max dan tingkat dari VO₂Max. Perhitungan VO₂Max dilakukan dengan melalui persamaan (1) yaitu [3]

$$VO_2Max (L/min) = 3,542 + (-0,014 \times U) + (0,015 \times MT) + (-0,011 \times HRR) \dots\dots\dots (1)$$

Dikonversikan dari L/min menjadi ml/kg/min melalui persamaan (2) agar dapat diklasifikasikan

$$VO_2Max \left(\frac{ml}{kg} \right) = \frac{VO_2Max(L) \cdot 1000}{min \cdot MT} \dots\dots\dots (2)$$

- Keterangan :
- U = Usia
 - MT = Massa Tubuh
 - HRR = *Heart Rate Rest*

VO₂Max memiliki klasifikasi berdasarkan usia dan jenis kelamin.

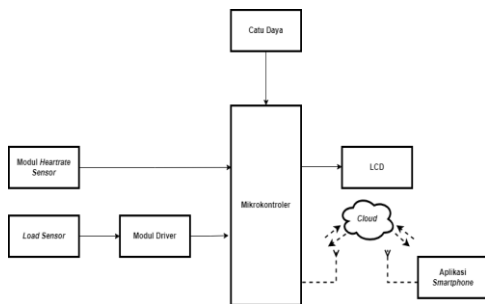
Tabel 1. Klasifikasi VO₂Max [5]

Pria							
Usia	Rendah	Cukup	Rata – Rata	Baik	Baik Sekali	Tinggi	Sangat Tinggi
20 – 29 Tahun	<38 ml/kg/min	39 – 43 ml/kg/min	44 – 51 ml/kg/min	52 – 56 ml/kg/min	57 – 62 ml/kg/min	63 – 69 ml/kg/min	>70 ml/kg/min
Wanita							
Usia	Rendah	Cukup	Rata – Rata	Baik	Baik Sekali	Tinggi	Sangat Tinggi
20 – 29 Tahun	<20 ml/kg/min	29 – 34 ml/kg/min	35 – 43 ml/kg/min	44 – 48 ml/kg/min	49 – 53 ml/kg/min	54 – 59 ml/kg/min	>60 ml/kg/min

3.2 Perancangan

Perancangan yang dilakukan yaitu terdiri dari blok diagram sistem, diagram alir, perancangan elektronik, perancangan mekanik dan perancangan aplikasi *smartphone*.

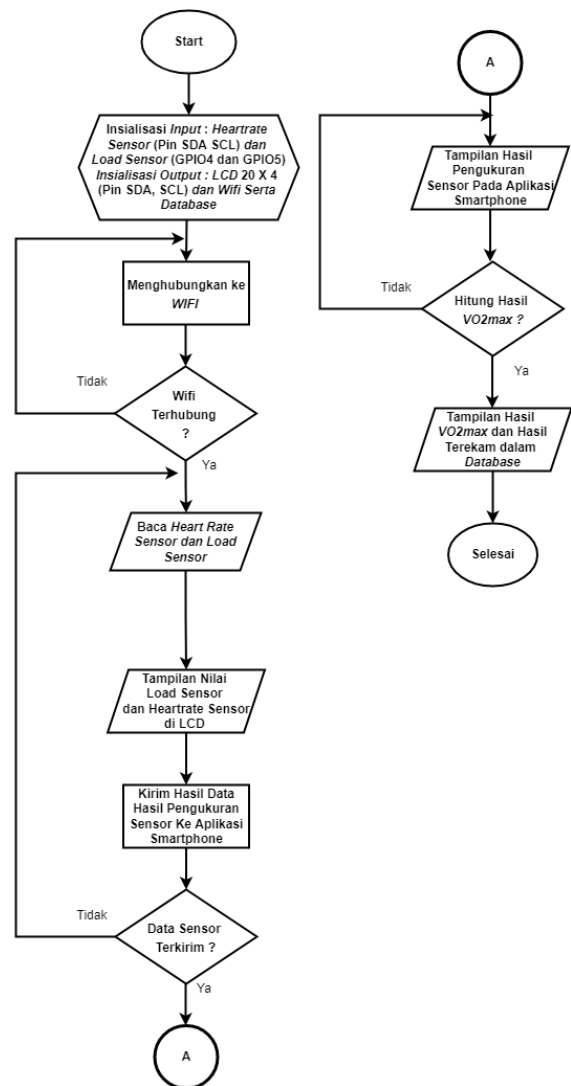
2.1.1 Blok Diagram Sistem



Gambar 1 Blok Diagram Sistem

Heart Rate Sensor dan *Load Sensor* sebagai input dari detak jantung dan massa yang dideteksi lalu pada modul mikrokontroler diproses menjadi keluaran dari sensor detak jantung berupa *Beat per minute* dengan dan keluaran dari *load sensor* dengan *range* pendeteksian dari 0 – 150 kg lalu ditampilkan melalui *Liquid Crystal Display* berupa *Beat per Minute*, Massa tubuh dan VO_2Max . Hasil pengukuran sensor akan dikonversikan menjadi VO_2Max pada aplikasi *smartphone*. *Database* digunakan dengan tujuan untuk menyimpan data dan menampilkan data pada aplikasi *smartphone* untuk melihat informasi hasil pengukuran VO_2Max serta pada tampilan aplikasi *smartphone* informasi hasil pengukuran dibuat berupa list yang isinya terdapat nama, hasil pengukuran VO_2Max dan waktu pengukuran.

2.1.2 Algoritma

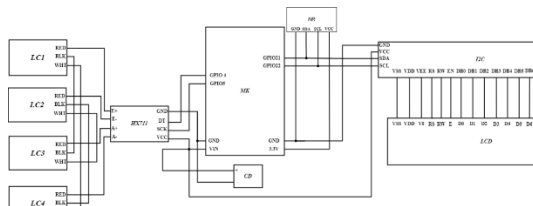


Gambar 2. Diagram Alir Sistem

Desain perangkat lunak diawali dengan menginisialisasi komponen yang digunakan seperti LCD, *Heart Rate sensor*, *Load sensor* dan aplikasi *smartphone* lalu akan menghubungkan dengan *Wifi* atau *Bluetooth*. Setelah itu terjadi pembacaan sensor yaitu *Heart Rate sensor* dan *Load sensor* lalu akan ditampilkan pada LCD dan data dikirim menuju *cloud/database* lalu menuju aplikasi *smartphone* untuk ditampilkan hasil pengukuran. Setelah itu pada *cloud/database* terjadi proses dari data yang didapat dari aplikasi *smartphone* dan sensor dengan mengkonversi menjadi besaran VO_2Max lalu data VO_2Max dikirim kembali ke mikrokontroler dan dikirim menuju aplikasi

smartphone agar dapat dilihat hasil pengukuran VO_2Max .

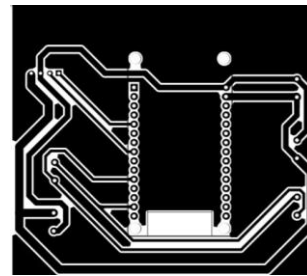
2.1.3 Perancangan Desain Perkabelan



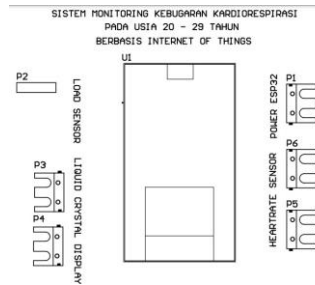
Gambar 3. Diagram Perkabelan Keseluruhan Sistem

Alat pada penelitian ini untuk mengukur detak jantung, massa tubuh dan VO_2Max . Pengukuran detak jantung dan massa tubuh dilakukan ketika subjek melakukan pengukuran lalu hasil dari pengukuran dari detak jantung dan massa tubuh dari objek akan dikonversikan menjadi VO_2Max . Perancangan elektronik sistem yang digunakan yaitu menggunakan mikrokontroler ESP32 (MK) sebagai pemroses. Sensor *loadcell* (LC1 – LC4) dan modul *driver* HX711 digunakan untuk mengukur massa tubuh dari subjek dengan satuan kilogram. *Heart Rate Sensor* (HR) MAX30102 digunakan untuk mengukur detak jantung dengan satuan *Beat Per Minute* (BPM) dan LCD 20 x 4 digunakan untuk menampilkan hasil dari pengukuran massa tubuh, detak jantung dan VO_2Max . Catu daya (CD) yang digunakan yaitu baterai 3,7V sebagai sumber tegangan untuk mengaktifkan mikrokontroler dan dapat diisi ulang daya baterai menggunakan modul charger J5019. Modul charger J5019 digunakan juga sebagai *step up* DC agar keluaran baterai dari 3,7V menjadi 5V.

2.1.4 Perancangan Desain Layout PCB



(a)

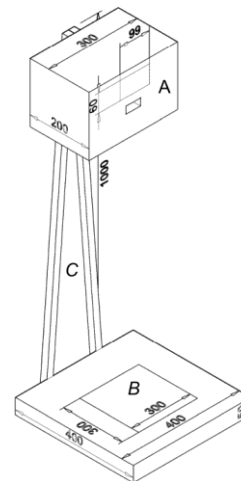


(b)

Gambar 4. Rancangan PCB

Gambar 4(a) merupakan tampak bawah dari PCB dan Gambar 4(b) merupakan tampak atas dari PCB yang akan direalisasikan kedalam *board* PCB.

2.1.5 Perancangan Mekanik



Gambar 5. Rancangan Mekanik

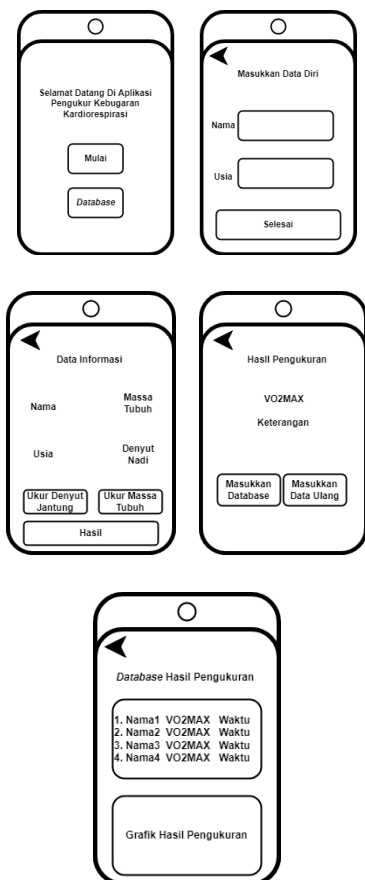
Mekanik dibuat menggunakan bahan aluminium dan *tempered glass*. Mekanik terdiri dari 3 bagian yaitu *box* mikrokontroler (A), *box* timbangan (B) dan tiang penyangga (C).

- *Box* Mikrokontroler (A) dengan dimensi 300 mm x 200 mm x 200 mm berbentuk balok menggunakan bahan akrilik dengan alasan karena pada *box* mikrokontoler

komponen yang ditempatkan tergolong ringan sehingga menggunakan akrilik sebagai *box* mikrokontroler. Tujuan *box* ini dibuat yaitu untuk menempatkan komponen mikrokontroler, LCD, *Heart rate sensor*.

- *Box* Timbangan (B) dengan dimensi 400 mm x 400 mm x 100 mm berbentuk balok menggunakan bahan *tempered glass* dan alumunium pada bagian samping untuk dengan tujuan agar timbangan mendapat pijakan yang rata dan kuat untuk menahan beban khususnya massa dari manusia. Tujuan *box* ini dibuat yaitu untuk menempatkan *load sensor*.
- Tiang Penyangga (C) dengan dimensi 20 mm x 20 mm x 1000 mm menggunakan bahan alumunium dengan alasan agar dapat menopang *box* mikrokontroler. Tujuan tiang penyangga ini yaitu untuk menghubungkan antara *box* mikrokontroler dan *box* timbangan.

2.1.6 Perancangan Aplikasi Smartphone



Gambar 6. Rancangan GUI

Desain GUI terdiri dari halaman awal dengan halaman awal terdapat pilihan mulai

dan database ketika dipilih mulai maka akan ke halaman selanjutnya dengan mengisi data diri lalu melakukan pengukuran sensor dan mengkonversi menjadi VO₂Max.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan ini terdiri dari realisasi dan pengujian dilakukan dengan tujuan untuk melihat apakah sistem bekerja sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan dan menunjukkan bagaimana data diperoleh dan dianalisis. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian sensor detak jantung, sensor *loadcell*, pengujian modul *wifi* mikrokontroler dan pengujian pengukuran VO₂Max

3.1 Realisasi

Realisasi yang dilakukan yaitu terdiri dari realisasi mekanik, realisasi elektronik dan realisasi aplikasi *smartphone*.

3.1.1 Realisasi Elektronik



Gambar 7. Realisasi Elektronik Pada *Box* Mikrokontroler

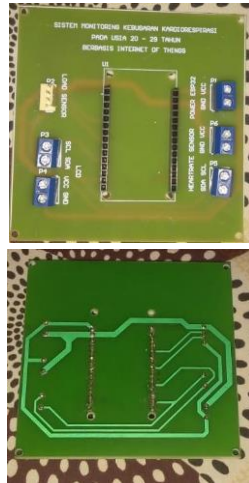


Gambar 8. Realisasi Elektronik Pada *Box* Timbangan

Realisasi elektronik berada pada *box* mikrokontroler pada Gambar 7 terdiri dari modul mikrokontroler ESP32, modul charger + *step up* DC J5019, LCD 20 x 4 dan modul *heart rate sensor* MAX30102. Realisasi dari elektronik *loadcell* dan modul *driver* HX711

ini berada pada *box* timbangan sesuai dengan Gambar 8.

3.1.2 Realisasi PCB



(a) (b)

Gambar 9. Realisasi PCB

Printed Circuit Board (PCB) direalisasikan menggunakan jenis *board* FR4. Gambar 9(a) PCB tampak atas dan Gambar 9(b) PCB tampak bawah

3.1.3 Realisasi Mekanik



Gambar 10. Realisasi Mekanik Keseluruhan
Realisasi mekanik merupakan wujud dari mekanik yang telah dirancang lalu dibuat dalam bentuk yang nyata. Realisasi mekanik ini terdiri dari realisasi *box* mikrokontroler (A), realisasi mekanik timbangan (B) dan realisasi tiang penyangga (C).

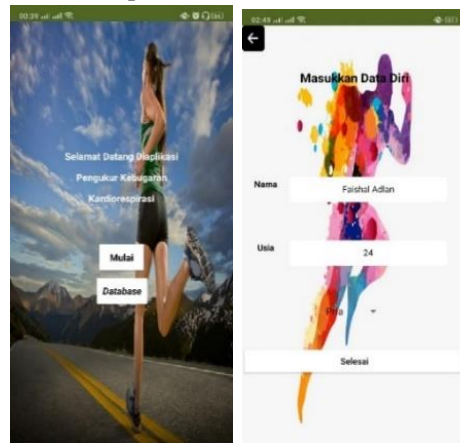
Box mikrokontroler (A) digunakan untuk menyimpan komponen dari PCB, LCD

20 x 4, sensor detak jantung MAX30102, baterai 3,7V dan Modul charger J5019 digunakan juga sebagai *step up* DC. *Box* mikrokontroler ini terbuat dari bahan akrilik.

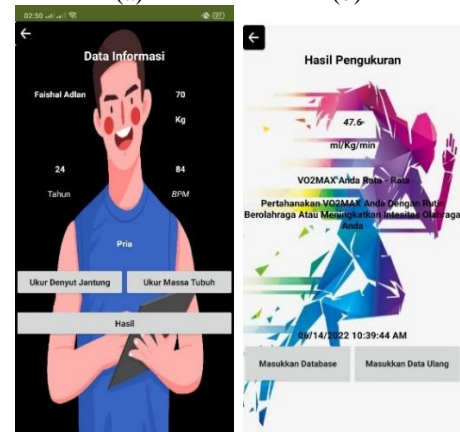
Box timbangan (B) digunakan untuk menyimpan komponen *loadcell* dan modul *driver* HX711. *Box* timbangan ini terbuat dari bahan aluminium serta bagian tengah dari *box* yaitu terbuat dari bahan *tempered glass*.

Tiang penyangga digunakan sebagai penghubung antara *box* mikrokontroler dan *box* timbangan. Tiang penyangga ini terbuat dari bahan aluminium

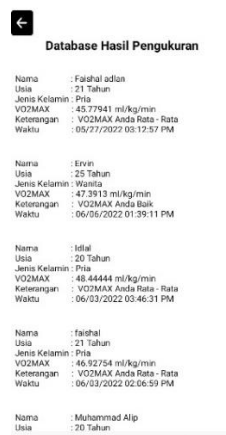
3.1.4 Realisasi Dan Pengujian Aplikasi Smartphone



(a) (b)



(c) (d)



(e)

Gambar 11. Realisasi dan Pengujian Aplikasi Smartphone

Realisasi dari aplikasi *smartphone* pada Gambar 11(a) merupakan tampilan awal dari aplikasi terdapat pilihan “mulai” untuk memulai pengukuran dan “*database*” untuk melihat penyimpanan data hasil pengukuran. Gambar 11(b) merupakan tampilan pengisian data berupa nama “Faishal Adlan”, usia “24 Tahun” dan jenis kelamin “Laki – Laki”. Gambar 11(c) merupakan tampilan hasil pengukuran sensor detak jantung dengan nilai 84 BPM dan massa tubuh 70 Kg yang didapat dari data pada *database* yang telah dikirimkan oleh modul mikrokontroler ESP32. Gambar 11(d) merupakan tampilan dari hasil pengukuran $VO_2Max = 47,6$ ml/kg/min serta terdapat keterangan tingkat dari VO_2Max yaitu tergolong dala klasifikasi rata - rata dan saran yaitu dengan mempertahankan dengan cara berolahraga rutin dan meningkatkan intensitas olahraga. Gambar 11(e) merupakan hasil penyimpanan data pengukuran VO_2Max .

3.2 Pengujian Wifi ESP32 dan Upload/Downlod Data Dari Firebase

Tabel 1. Pengujian Wifi ESP32

No Percobaan	Jarak (meter)	Status Wifi
1	0 – 5	Terhubung
2	6 - 10	Terhubung
3	11 – 15	Terhubung
4	>16	Tidak Terhubung / Connecting

Hasil pengujian *Wifi* ESP32 ketika sinyal *Wifi* lemah atau dalam keadaan jauh dalam jarak 11 – 15 meter untuk menghubungkan dengan *Wifi* dibutuhkan

waktu 10 detik untuk menemukan jaringan *Wifi* dan pada jarak lebih dari 16 meter ESP32 tidak dapat menjangkau sinyal *Wifi* atau tidak terhubung dengan *Wifi* hanya terus mencoba *connecting*.

Tabel 2. Pengujian Upload/Download Data Sensor

No	Data Terkirim	Data Diterima	Status
1	Data Terkirim 1	Data Diterima 1	Berhasil
2	Data Terkirim 2	Data Diterima 2	Berhasil
3	Data Terkirim 3	Data Diterima 3	Berhasil
4	Data Terkirim 4	Data Diterima 4	Berhasil
5	Data Terkirim 5	Data Diterima 5	Berhasil

Pengiriman dan penerimaan data dilakukan dengan menggunakan *delay* selama 10 detik dengan tujuan agar pembacaan sensor dapat dilakukan terlebih dahulu lalu mengirim data menuju *firebase* setiap 10 detik 1 kali. Pengujian dilakukan 5 kali melakukan pengiriman dan penerimaan data dan pengiriman dan penerimaan berhasil dilakukan 5 kali.

3.3 Pengujian Sensor Detak Jantung

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan persentase *error*, akurasi, standar deviasi dan kepresisian dari sensor detak jantung.

Tabel 3. Pengujian Sensor Detak Jantung

Nomor Pengujian	BPM pada BPM meter	BPM pada Alat
1	84	83
2	67	63
3	84	70
4	80	70
5	91	85
6	90	83
7	82	86
8	81	73
9	76	75
10	80	73
Rata-rata	81,5	76,1
Hasil Pengujian Sensor Detak Jantung		
Rata – Rata Persentase Error		6,62%
Akurasi		93,37%
Standar Deviasi		7,73
Presisi		92,26%

Pengujian pengukuran detak jantung dilakukan dengan mengukur 1 subjek selama 10 kali. Hasil persentase *error* setelah dilakukan pengujian yaitu 6,62%. Akurasi yang didapat yaitu sebesar 93,37%, standar deviasi dari hasil pengukuran yaitu 7,73 dan sensor detak jantung memiliki tingkat kepresisian 92,26%.

3.4 Pengujian Sensor Loadcell

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan persentase *error*, akurasi, standar deviasi dan kepresisian dari sensor *loadcell*.

Tabel 4. Pengujian Sensor Loadcell

Nomor Pengujian	Massa Timbangan Digital	Massa pada Loadcell
1	70	70
2	70	70
3	70	69
4	70	70
5	70	69
6	70	69
7	70	70
8	70	70
9	70	70
10	70	71
Rata-rata	70	69,8

Hasil Pengujian Sensor Loadcell	
Rata – Rata Persentase Error	0,42%
Akurasi	99,58%
Standar Deviasi	0,63
Presisi	99,36%

Pengujian pengukuran massa tubuh dilakukan dengan mengukur 1 subjek selama 10 kali. Hasil persentase *error* setelah dilakukan pengujian yaitu 0,42%. Akurasi yang didapat yaitu sebesar 99,58%, standar deviasi dari hasil pengukuran yaitu 0,63 dan sensor detak jantung memiliki tingkat kepresisian 99,36%.

3.5 Pengujian Pengukuran VO₂Max

Pengujian dilakukan dengan menguji pengukuran hasil VO₂Max menggunakan subjek yang berbeda – beda.

Tabel 5. Pengujian Pengukuran VO₂Max Pada Pria

Subjek	Usia (Tahun)	Pengukuran VO ₂ Max Menggunakan Alat (ml/kg/min)	Pengukuran VO ₂ Max Perhitungan (ml/kg/min)	Persentase Error (%)
1	20	46,380	46,070	0,629
2	20	49,740	48,792	1,942
3	20	47,478	47,415	0,132
4	21	36,071	35,226	2,342
5	21	36,950	36,533	1,141
6	21	36,160	35,865	0,822
7	21	64,639	65,204	0,866
8	21	55,621	55,878	0,459
9	21	44,542	43,891	1,483
10	21	57,216	57,760	0,941
11	22	54,830	53,683	2,136
12	22	45,851	45,959	0,234
13	23	50,963	50,892	0,139
14	23	38,711	38,817	0,273
15	24	39,674	40,383	1,755
16	24	42,411	41,943	1,115
17	24	48,969	48,229	1,534
18	24	47,514	47,466	0,101
19	24	45,983	45,489	1,085
20	24	48,848	49,367	1,051
21	25	52,047	52,920	1,649
22	28	37,700	38,140	1,153
23	29	37,876	38,494	1,605
Total				24.700
Rata - Rata				1,073
Akurasi				98,926

Tabel 6. Pengujian Pengukuran VO₂Max Wanita

Subjek	Usia (Tahun)	Pengukuran VO ₂ Max Alat (ml/kg/min)	Pengukuran VO ₂ Max Perhitungan (ml/kg/min)	Persentase Error (%)
1	20	51,857	51,228	1,227
2	21	57,122	57,508	0,671
3	21	55,593	54,354	2,279
4	22	62,600	62,019	0,936
5	25	49,655	49,836	0,363

6	28	55,928	55,928	0
7	29	50,440	51,000	1,098
Total				6,576
Rata – Rata				0,939
Akurasi				99,06

Hasil pengujian sistem dibandingkan dengan menggunakan perhitungan secara manual. Perhitungan secara manual dilakukan dengan mendapatkan parameter massa tubuh dari timbangan digital dan detak jantung dari oximeter lalu dimasukkan kedalam rumus untuk mendapatkan VO₂Max. Hasil VO₂Max antara alat dan perhitungan manual menggunakan rumus VO₂Max persentase error yang terjadi yaitu 1,073% dan akurasi 98,9% untuk data pria dan untuk data wanita persentase error yaitu 0,939% dan akurasi 99,06%. Total seluruh persentase error yaitu 1,042% dan akurasi keseluruhan data yaitu 98,95%. Error disebabkan oleh pengukuran detak jantung yang berbeda antara alat dan pengukur BPM yang digunakan sehingga menyebabkan perbedaan hasil antara alat dan perhitungan menggunakan rumus VO₂Max.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan Dan Saran

Berdasarkan realisasi dan pengujian Sistem dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Sistem dapat mengukur detak jantung berupa Beat Per Minutes (BPM) dengan menggunakan sensor detak jantung dengan prinsip PPG yang diukur menggunakan ujung jari telunjuk tangan kanan pengguna dan memiliki tingkat akurasi sebesar 93,37% dan tingkat presisi sebesar 92,26%
- Sistem dapat mengukur massa tubuh manusia dengan satuan kilogram (kg) dengan menggunakan loadcell dan memiliki tingkat akurasi sebesar 99,58% dan tingkat presisi sebesar 99,36%
- Sistem dapat mengukur VO₂Max pada usia 20 – 29 tahun dengan memiliki akurasi 98,95%

Saran untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya yaitu :

- Mekanik bagian *box* mikrokontroler disederhanakan kembali dan bentuk nya

menjadi lebih kecil dibuat seperti oximeter pada umumnya

- *Wifi* dapat diubah SSID dan *password* dengan manual tanpa harus terhubung sesuai dengan SSID dan *password* yang telah diatur pada program
- Aplikasi *smartphone* bagian *database* dapat dihapus secara manual melalui *smartphone* masing masing pengguna dan hasil penyimpanan data dapat diurutkan sesuai nama atau sesuai keinginan.
- Aplikasi *smartphone* ditambahkan grafik hasil pengukuran sebagai *monitoring*.
- Alat dapat digunakan secara *offline mode* atau dapat digunakan secara manual tanpa harus terhubung dengan internet.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahjoedi, Landasan Evaluasi Pendidikan Jasmani, Jakarta: Rajagrafindo Perkasa, 2000.
- [2] W. Ganong, Buku Ajar Fisiologi Kedokteran, Jakarta: EGC, 2001.
- [3] R. Agron, "Prediction of VO₂max Based on Age, Body Mass, And Resting Heart Rate," *Human Movement*, vol. 15, no. 1, pp. 56 - 59, 2014.
- [4] R. Anshari, R. Maulana dan S. Dahnial, "Sistem Monitoring Kebugaran Kardiorespirasi dengan Pulse Sensor dan Load Sensor Menggunakan Non-Excercise Prediction Method," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 9, pp. 3400-3408, 2018.
- [5] S. Bhat dan D. Shaw, "Development of norms of maximal oxygen uptake (VO₂max) as an indicator of aerobic fitness of high altitude," *International Journal of Physiology, Nutrition and Physical Education*, pp. 1037-1040, 2017.

- [6] L. Kenney, J. Wilmore dan W. Costill, *Physiology of Sport and Exercise*, Canada: Human Kinetics, 2011.
- [7] S. Hadiyoso, A. Rizal dan R. Magdalena, "MONITORING PHOTOPLETHYSMOGRAPH DIGITAL DENGAN WIRELESS LAN (802.11b)," *Biomedical Signal Processing & Instrumentation Research Group (BioSPIN)*, 2011.
- [8] PCB Load & Torque, *Load Cell Handbook*, Farmington Hills: PCB Load & Torque, 2014.
- [9] H. A. Dharmawan, "01 Pengenalan," dalam *Mikrokontroler: Konsep Dasar dan Praktis*, Malang, UBMedia, 2017, p. 2.
- [10] F. Adani dan S. Salsabil, "INTERNET OF THINGS : SEJARAH TEKNOLOGI DAN PENERAPANNYA," *Isu Teknologi*, vol. 14, no. 2, pp. 92 - 99, 2020.
- [11] H. Rachmat dan D. Ambaransari, "Sistem Perkam Detak Jantung Berbasis Pulse Heart Rate Sensor pada Jari Tangan," *ELKOMIKA*, vol. 6, no. 3, pp. 344 - 356, 2018.
- [12] D. E. Savitri, "Gelang Pengukur Detak Jantung dan Suhu Tubuh Manusia Berbasis Internet Of Things (IoT)," UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2020.
- [13] P. Meyke dan M. Sarjan, "PENGARUH LATIHAN JOGGING TERHADAP (VO2Max)," *Jambura Health and Sport Journal*, vol. 3, pp. 2656-2863, 2021.