

RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR BODY MASS INDEX (BMI) BERBASIS KOMUNIKASI BLUETOOTH LOW ENERGY (BLE) KE PONSEL PINTAR SEBAGAI DISPLAY

DESIGN OF BODY MASS INDEX (BMI) MEASURING INSTRUMENT BASED ON BLUETOOTH LOW ENERGY (BLE) COMMUNICATION TO SMARTPHONE AS ITS DISPLAY

Bayu Priambodo¹, Drs. Suwandi, M.Si², Dra. Endang Rosdiana, M.Si.³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Bandung
bayupriambodo8@gmail.com¹, suwandi.sains@gmail.com², endang.rosdiana@gmail.com³

ABSTRAK

Body Mass Index (BMI) adalah salah satu indikator pengukur obesitas. Bagi sebagian orang berat badan dapat menjadi hal yang privasi. Hal tersebut yang melatarbelakangi penelitian pembuatan instrumen BMI yang tampil di ponsel pintar. Sensor ultrasonik untuk mengukur tinggi badan, load cell untuk mengukur berat badan, dan rangkaian pembagi tegangan untuk mengukur status baterai. Semua data dari sensor-sensor tersebut ditransmisikan melalui komunikasi Bluetooth Low Energy (BLE) menggunakan mikrokontroler ATmega328 (Arduino Nano). Aplikasi pada ponsel pintar menerima, mengolah, dan menghitung semua data menjadi nilai BMI. Kinerja BLE mentransmisikan data adalah 28~33 ms. Akurasi sensor ultrasonik terhadap alat ukur standard adalah 99,71%, error $\pm 0,29\%$. Akurasi sensor loadcell terhadap alat ukur standard adalah 99,38%, error $\pm 0,62\%$. Validasi hasil pengukuran setelah diintegrasikan menunjukkan error rata-rata untuk pengukuran berat badan adalah 0,12%, tinggi badan adalah 0,2%, dan BMI adalah 0,48%. Kinerja aplikasi untuk mencari, menemukan, dan terkoneksi dengan instrumen adalah 3,22 detik dan mengirim perintah, menerima data, dan menghitung data pengukuran adalah 4,89 detik. 89,5% pengguna merasa privasi lebih terjamin jika hanya tampil di ponsel pintar 94,7% pengguna yakin hasil pengukuran memberikan hasil yang benar, menjadi sadar akan pentingnya menjaga bentuk tubuh, dan tampilan aplikasi sudah user-friendly. 100% pengguna setuju semua informasi yang ditampilkan informatif.

Kata kunci: Bluetooth Low Energy, Body Mass Index, Ponsel Pintar, Obesitas, Xamarin, Firebase

ABSTRACT

Body Mass Index (BMI) can be one of method to measuring obesity. Body weight information can be some privacy information for a few people. These are the reasons to make a BMI instrument that can displayed on smartphone. Voltage divider circuit to measure battery status, ultrasonic sensor to measure body height, and load cell to measure body weight. The data from these sensors are processed in microcontroller ATmega328 (Arduino Nano) and transmitted via Bluetooth Low Energy (BLE) communication to the smartphone. After data received, smartphone application calculating and processing the data and shown it to the screen. Ultrasonic sensor has 99.71% of accuracy and 0.29% of error. Loadcell has 99.38% of accuracy and 0.62% of error. BLE performance to do data transmitting is about 28~33ms. After integration, it has 0.12% of body weight measuring error, 0.2% of body height measuring error, and 0.48% of BMI measuring error. Android application needs 3.22s to search, found, and connect to instrument and 4.89 s to send, receive, and calculate the data. 89.5% of user have a good feel of their privacy if it just displayed on their smartphone. 94.7% of user agreed result of measuring is correct, it has user-friendly interface, and more aware about their body shape. 100% of user agree that it's very informative.

Keywords: Bluetooth Low Energy, Body Mass Index, Smartphone, Obesity, Xamarin, Firebase

1. Pendahuluan

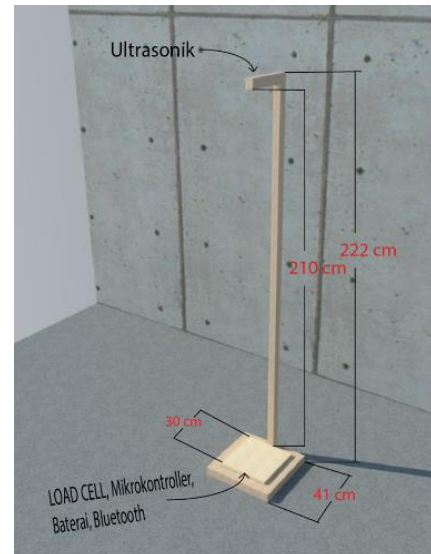
Memiliki bentuk tubuh ideal adalah salah satu ciri dari tubuh sehat. Definisi bentuk tubuh ideal sangatlah relatif tergantung persepsi manusia. Body Mass Index (BMI) adalah salah satu metode perumusan yang paling mudah. Menurut WHO, seseorang disebut obesitas bila BMI lebih dari normal atau disebut obesitas bila $BMI > 25,0$ [1].

Metode pengukuran dan perhitungan BMI dilakukan dengan mengukur berat badan dan tinggi badan, kemudian dihitung dengan persamaan BMI. Saat ini banyak perangkat lunak yang dapat melakukan perhitungan BMI, namun banyak pengguna yang tidak tahu pasti berat badan dan tinggi badan saat itu. Kondisi inilah yang melatarbelakangi dibuatnya tugas akhir ini. Pengukuran berat badan dilakukan dengan menggunakan *loadcell* dan pengukuran tinggi badan dilakukan dengan menggunakan sensor ultrasonik yang lebih minim gangguan daripada sensor inframerah. “Sensor ultrasonik tidak terpengaruh dengan perbedaan warna objek yang dikenai pantulan gelombang, dan tidak terpengaruh cahaya sekitar [9]”.

Pada tahun 2016, 570,3 juta ponsel pintar dengan ukuran layar 5-5,5 inchi sudah dipasarkan ke seluruh dunia [2]. Ukuran tersebut sangat cocok dan jelas untuk menampilkan sebuah display data. Pangsa pasar ponsel pintar dengan sistem operasi AndroidOS di Indonesia pada Desember 2017 sebesar 87,37% [3]. *Display* ditampilkan di ponsel pintar dengan komunikasi Bluetooth Low Energy (BLE). BLE dipilih karena tidak mengkonsumsi daya yang banyak dan tidak memerlukan jarak yang jauh dari perangkat yang akan dihubungkan [5]. Bagi sebagian orang berat badan dan tinggi badan bisa menjadi hal yang sangat privasi. Dengan mempertimbangkan parameter-parameter tersebut penulis memilih ponsel pintar sebagai *display*.

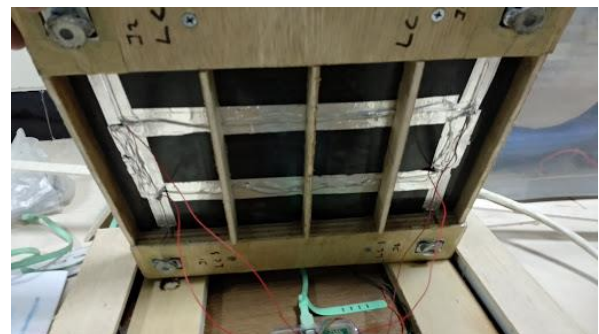
2. Perancangan Body dan Sistem

Tinggi rata-rata orang Asia khususnya Indonesia yang berada dibawah 2 meter menjadi batas pengukuran tinggi badan, maka desain tinggi tiang 210 cm atau 2,1 m. Dimensi pijakan *loadcell* didesain berukuran 30 cm x 30 cm agar pengguna dapat berdiri tegak. Dengan spesifikasi tersebut, instrumen didesain seperti pada “Gambar 1”.



Gambar 1. Desain Instrumen Sesuai Spesifikasi

Plywood dipilih sebagai material untuk rangka dasar. Agar dapat menahan beban lebih dari 200 kg *plywood* dipasang seperti pada “Gambar 2” sehingga mampu menahan beban yang berat dan aman untuk pengguna.



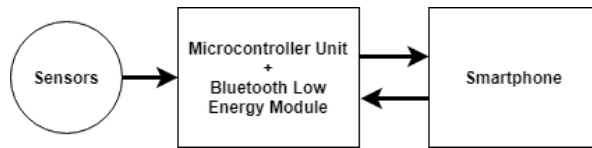
Gambar 2. Instrumen Tampak Bawah dengan Tambahan Insulasi Aluminium Foil Tape pada Kabel Loadcell.

Pipa PVC Ø $\frac{3}{4}$ ” dipilih sebagai material untuk rangka tiang pengukur tinggi badan. pipa PVC dan kayu balsa karena relatif kuat dan ringan.



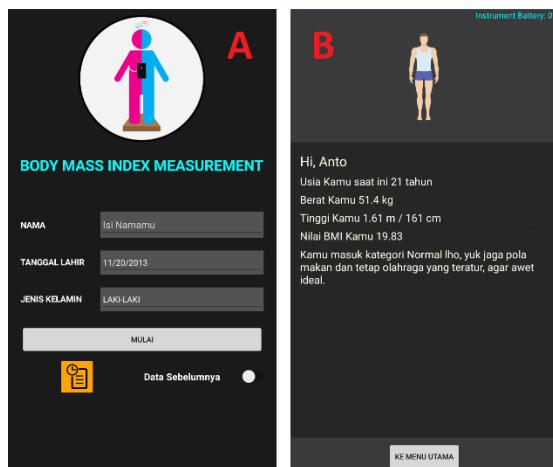
Gambar 3. Sensor Ultrasonik Terletak pada Bagian Atas Tiang.

Pipa PVC dilapisi dengan kayu balsa untuk mengurangi osilasi tiang ketika tersenggol. Rongga didalam pipa PVC dimanfaatkan sebagai jalur *wiring* dari sensor ultrasonik ke mikrokontroler.



Gambar 4. Diagram Sistem.

Pada “Gambar 4” alur komunikasi sistem instrumen digambarkan secara singkat. Mikrokontroler selalu dalam keadaan *stand-by* dengan BLE pada kondisi *sleep mode* ketika tidak ada perangkat yang terkoneksi. Pada awal aplikasi terbuka terdapat tombol mulai, form nama, umur, dan jenis kelamin seperti pada “Gambar 5(a)”. Ketika tombol mulai ditekan, aplikasi akan mendeteksi apakah Bluetooth di ponsel pintar sudah menyala apa belum. Jika belum menyala maka aplikasi akan menyalakan Bluetooth secara otomatis. Pada kondisi Bluetooth menyala, sistem mencari perangkat dan terhubung secara otomatis. Aplikasi mengirimkan perintah ke mikrokontroler untuk melakukan pengambilan data dari sensor ultrasonik, load cell, dan tegangan baterai. Data-data tersebut kemudian disusun pada satu paket data untuk transmisi kembali ke aplikasi. Setelah paket data diterima, aplikasi akan melakukan perintah *restart* pada mikrokontroler sehingga kembali ke kondisi *stand-by*. Paket data yang telah diterima kemudian dicacah (*parsing data*) menjadi variabel-variabel yang berbeda.

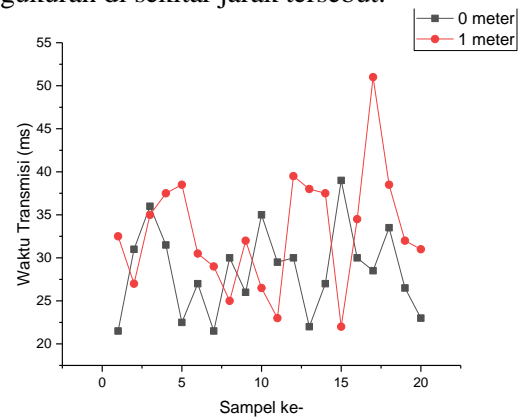


Gambar 5. Tampilan Aplikasi Ketika Pengisian Data Diri (a) dan Hasil Pengukuran (b).

Semua variabel tersebut diolah sehingga menghasilkan data seperti pada “Gambar 5(b)”.

3. Pengujian Modul BLE (HM-11)

Pengujian dilakukan di dalam Laboratorium Mekatronika dengan menyambungkan pin Tx dan Rx yang ada pada modul. Pengujian dilakukan pada jarak 0 ~ 1 meter dari modul dengan data 20 sampel setiap pengujian. Jarak 0 ~ 1 meter adalah spesifikasi instrumen dimana pengguna akan melakukan pengukuran di sekitar jarak tersebut.

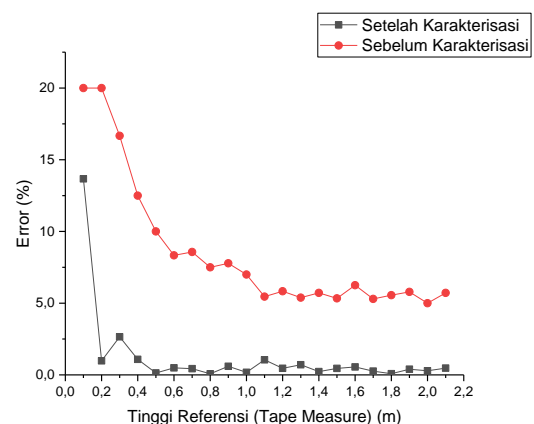


Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Modul BLE pada Jarak 0~1 meter.

Hasil pengukuran dapat dilihat pada “Gambar 6”. Rata-rata waktu tempuh pada jarak 0 meter adalah 28,55 ms dan jarak 1 meter adalah 33,025 ms.

4. Pengujian Sensor Ultrasonik (HC-SR04)

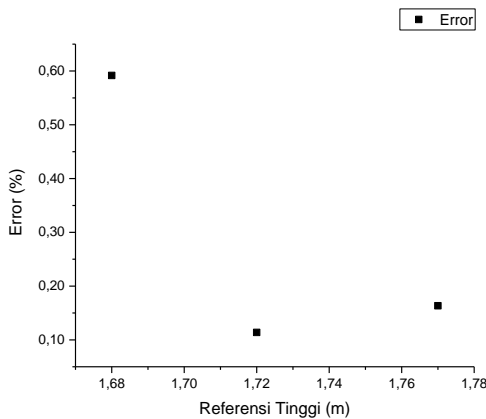
Hasil pengukuran sebelum karakterisasi menunjukkan *error* terbesar pada tinggi badan 0 meter dengan *error* sebesar 20%, tingkat linieritas atau $R^2 = 0,9999$ seperti yang tergambar pada “Gambar 7 (Garis Merah)”.



Gambar 7. Grafik Pengujian HC-SR04 Sebelum dan Sesudah Karakterisasi

Setelah dilakukan karakterisasi, didapatkan nilai *error* seperti pada “Gambar 7 (Garis Hitam)” dimana *error* terbesarnya mengecil drastis ke 13,67% pada tinggi terendah. Mengacu pada rata-

rata pengukuran rata-rata minimal anak umur 5 tahun adalah 99,9 cm[14] dan kondisi nilai *error* mulai stabil pada tinggi 50 cm maka dilakukan segmentasi untuk memperkecil nilai *error*. Nilai *error* rata-rata awal adalah 1,2% setelah data disegmentasi, *error* menjadi 0,4% atau turun 0,8%.



Gambar 8. Pengujian Pengukuran Setelah Karakterisasi dengan 3 Sampel Tinggi Badan.

Pada “Gambar 8” terlihat bahwa sebaran rata-rata *error* ada berada pada *range* 0,1%~0,6%. Maka didapat nilai akurasi pengukuran dibandingkan ultrasonik sebesar 99,4% dengan setiap sampel tinggi badan dilakukan pengukuran sebanyak 20 kali.

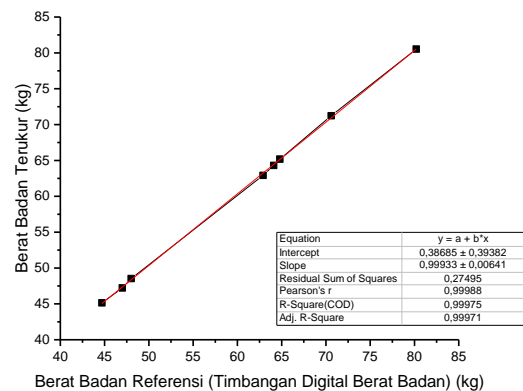
5. Pengujian Loadcell dan Modul HX711

Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan dengan alat ukur standard (timbangan digital yang ada di pasaran) dengan mengubah *Calibration Factor* (CF) yang ada di dalam program. CF adalah faktor pembagi saat melakukan proses scalling. Metode trial & error digunakan untuk menentukan nilai CF, dan didapatkan nilai CF yaitu 20050. Setiap sampel pengukuran dilakukan 40 kali pengukuran.

Tabel 1. Hasil Pengujian Loadcell dengan HX711 sebagai Penguat.

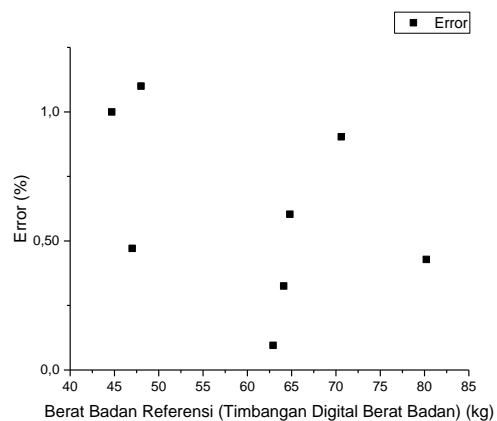
| STANDARD | MEAN | STDEV | ERROR | AKURASI | CV |
|-----------|-------|-------|-------|---------|-------|
| 44,7 | 45,15 | 0,092 | 1,00% | 99,00% | 0,20% |
| 47,0 | 47,22 | 0,063 | 0,47% | 99,53% | 0,13% |
| 48,0 | 48,53 | 0,053 | 1,10% | 98,90% | 0,11% |
| 62,9 | 62,91 | 0,137 | 0,10% | 99,90% | 0,22% |
| 64,1 | 64,31 | 0,059 | 0,33% | 99,67% | 0,09% |
| 64,8 | 65,19 | 0,087 | 0,60% | 99,40% | 0,13% |
| 70,6 | 71,24 | 0,107 | 0,90% | 99,10% | 0,15% |
| 80,2 | 80,53 | 0,174 | 0,43% | 99,57% | 0,22% |
| RATA-RATA | | | 0,62% | 99,38% | 0,16% |

Kemudian dilakukan pengolahan data dengan perangkat lunak Microsoft Excel 365 untuk mendapatkan mean atau rata-rata, standar deviasi, *error*, akurasi, dan CV atau presisi.



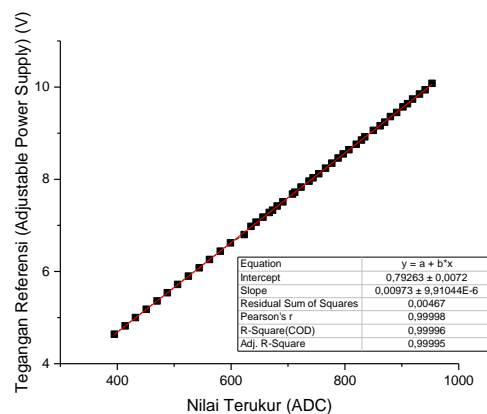
Gambar 9. Grafik Perbandingan Berat Terukur dengan Berat Referensi.

Nilai CF tersebut diuji dengan beberapa sampel berat badan dan menghasilkan *error* dibawah 1,5% disetiap sampel seperti pada “Gambar 10”. Setiap sampel terdiri dari 60 data yang nilai *error*-nya sudah dirata-ratakan.



Gambar 10. Grafik Sebaran Nilai Error dengan 8 Sampel Berat Badan.

6. Pengujian Sensor Tegangan

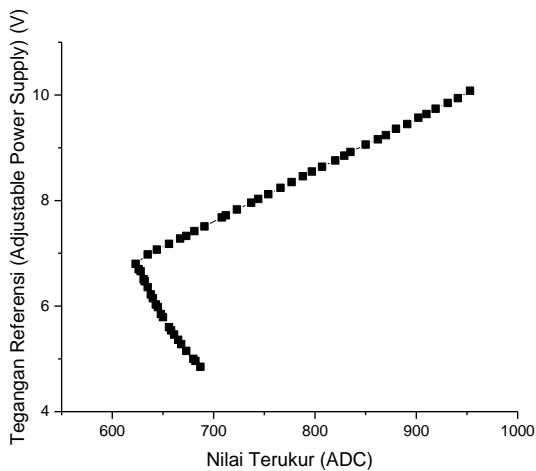


Gambar 11. Grafik Perbandingan Tegangan Referensi dengan Nilai Terukur di mikrokontroler (ADC).

Sensor tegangan diuji dengan membaca respon nilai ADC ketika diberikan tegangan pada rangkaian sensor tegangan. Didapatkan hasil seperti pada “Gambar 11”, nilai ADC naik seiring naiknya tegangan dan berlaku sebaliknya. Tingkat linieritas atau $R^2=0,999$.

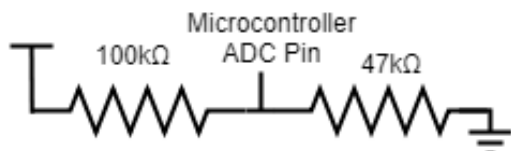
7. Integrasi Sensor dan Modul

Setelah semua sensor diintegrasikan, terdapat kendala pada sensor tegangan. Pada sensor tegangan, sensor mendapat *feedback* dari modul *level logic shifter* dimana ketika pin ADC mendapat 3,3 ~ 3,5 V tegangan mencapai titik terendahnya kemudian naik kembali. Hasil karakterisasi pada “Gambar 11” yang menunjukkan linieritas yang tinggi berubah menyerupai huruf L seperti pada “Gambar 12”.



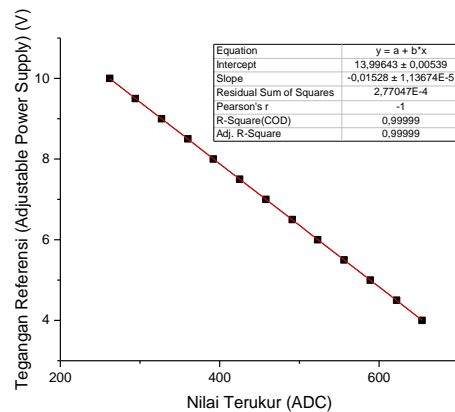
Gambar 12. Grafik Hasil Pengujian Sensor Tegangan Setelah Integrasi.

Untuk mencegah pembacaan ganda dilakukan rekayasa terhadap nilai resistansi pembagi tegangan.



Gambar 13. Rangkaian Sensor Tegangan Setelah Rekayasa Perubahan Nilai Resistansi.

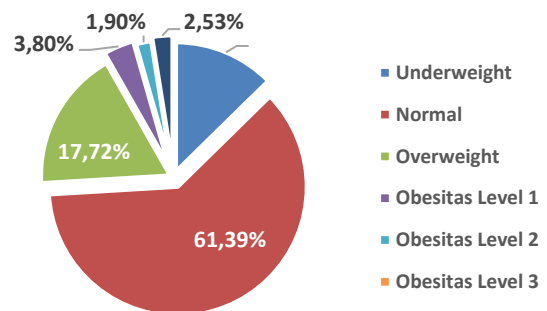
Rekayasa dilakukan dengan menetapkan tegangan maksimal yang masuk ke mikrokontroller adalah 3.3 V namun 3.3 V tersebut mewakili 10 V. Nilai resistor yang baru adalah 100kΩ dan 47kΩ seperti yang terlihat pada “Gambar 13”.



Nilai ADC terhadap perubahan tegangan menunjukkan hasil yang sangat linier dengan $R^2 = 1$. Persamaan regresi linier yang baru $y = -65,462x + 915,85$ adalah persamaan yang dimasukkan kedalam program.

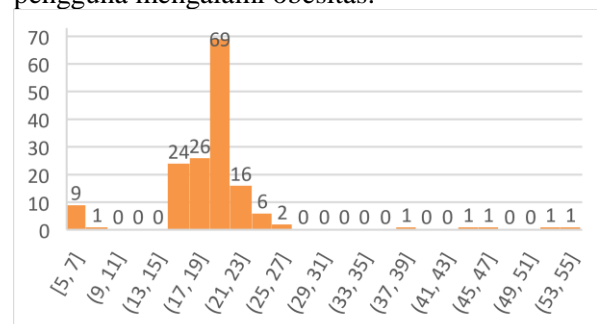
8. Hasil Pengukuran

Pengujian dilakukan dengan mengambil sampel sebanyak 158 orang. Data pengukuran yang tersimpan di *cloud* Firebase kemudian direkap sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:



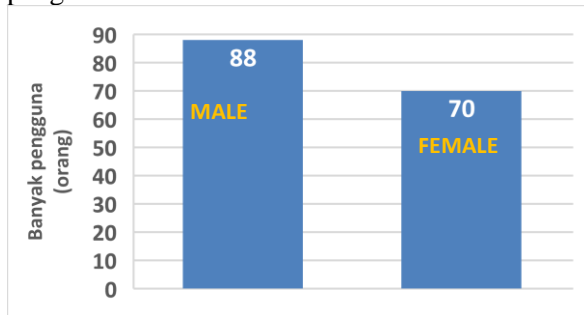
Gambar 14. Grafik Persentase Hasil Pengukuran BMI Berdasarkan Klasifikasi BMI.

Pada “Gambar 14” didapat hasil 61,39% atau 97 orang pengguna memiliki bentuk tubuh yang ideal dengan masuk ke kategori Normal. 17,72% pengguna kelebihan berat badan. 8,23% pengguna mengalami obesitas.



Gambar 15. Grafik Sebaran Pengguna Berdasarkan Usia.

Pada “Gambar 15” pengguna terbanyak pada usia muda yaitu 15~17 tahun sebanyak 24 orang, 17~19 tahun sebanyak 26 orang, 19~21 tahun sebanyak 69 orang, dan 21~23 tahun sebanyak 16 orang. Terdapat 10 orang di rentang umur 5~9 tahun dan 8 orang direntang umur 25~27 tahun. Pada “Gambar 16” didapat sebanyak 55,70% atau 88 orang pengguna yang melakukan pengukuran adalah laki-laki.



Gambar 16. Grafik Sebaran Pengguna Berdasarkan Jenis Kelamin.

Hasil pengambilan data diklasifikasi dan dibagi dengan *range* yang mengacu pada jurnal referensi [16] dan didapat data pada “Tabel 2”.

Tabel 2. Sebaran Pengguna dengan Tingkat Risiko Kesehatan Berdasarkan Nilai BMI.

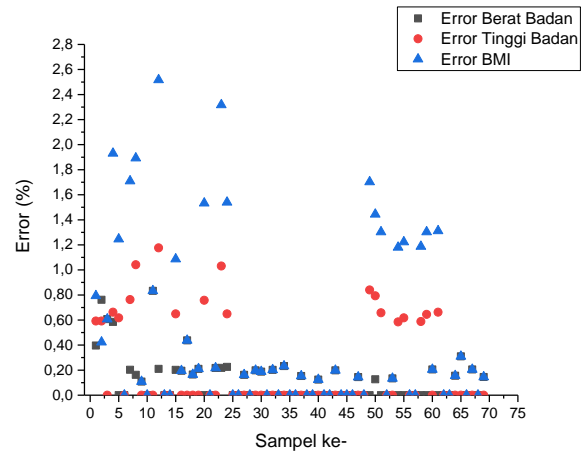
| BMI | Klasifikasi | Banyak Orang | Tingkat Risiko Kesehatan | | | | | |
|---------|-------------|--------------|--------------------------|--------------|---------------------|----------|--------------|------|
| | | | Hipertensi (%) | Diabetes (%) | Jantung Koroner (%) | Asma (%) | Artritis (%) | |
| <18,5 | UW | 20 | 11,8 | 2,7 | 3,2 | 9,9 | 6,3 | |
| 18,5<20 | Normal | 16 | 10,5 | 2 | 2,4 | 9,5 | 5,2 | |
| 20<21 | | 33 | 10,7 | 1,9 | 2,1 | 9 | 5,7 | |
| 21<22 | | 15 | 12,1 | 2,4 | 2,3 | 9,1 | 5,7 | |
| 22<23 | | 9 | 13,6 | 2,7 | 2,5 | 8,4 | 6,1 | |
| 23<24 | | 16 | 16,2 | 3,2 | 2,9 | 8,5 | 6,7 | |
| 24<25 | | 8 | 18,5 | 3,8 | 3,5 | 8,2 | 7,7 | |
| 25<26 | | 12 | 20,6 | 4,4 | 3,6 | 8,4 | 7,8 | |
| 26<27 | | 7 | 22,2 | 4,6 | 3,7 | 8,5 | 8,9 | |
| 27<28 | | OW | 2 | 24,8 | 5,8 | 4,2 | 9,3 | 9,7 |
| 28<29 | | | 4 | 28,3 | 7,1 | 5 | 9,1 | 11,3 |
| 29<30 | OL1 | 3 | 29 | 7,9 | 4,7 | 10,1 | 11,6 | |
| 30<31 | | 2 | 30,7 | 7,6 | 4,4 | 10,4 | 11,7 | |
| 31<32 | | 1 | 34,2 | 9,8 | 5,2 | 11,1 | 13,5 | |
| 32<35 | OL2 | 3 | 36,9 | 11,3 | 5 | 11,9 | 14,7 | |
| 35<37 | | 1 | 42,4 | 14,9 | 5,9 | 13,3 | 17,2 | |
| 37<40 | | 2 | 44,9 | 16,9 | 5,5 | 15,8 | 18,8 | |
| >40 | OL3 | 4 | 49,4 | 21,5 | 5,9 | 19,6 | 23,4 | |

*UW = Underweight, OW = Overweight, OL1 = Obese Level 1, OL2 = Obese Level 2, OL3 = Obese Level 3.

Menurut “Tabel 2”, tingkat risiko kesehatan semakin meningkat seiring meningkatnya nilai BMI. Namun, nilai BMI yang terlalu rendah yaitu kurang dari 18,5 juga memiliki tingkat risiko kesehatan yang semakin tinggi. Klasifikasi BMI Normal adalah klasifikasi dengan tingkat risiko kesehatan yang terendah dibandingkan dengan klasifikasi lainnya. 97 orang dari 158 orang sampel memiliki tingkat risiko kesehatan yang rendah.

9. Verifikasi Data

Verifikasi dilakukan untuk mengetahui error pengukuran setelah semua komponen diintegrasikan.

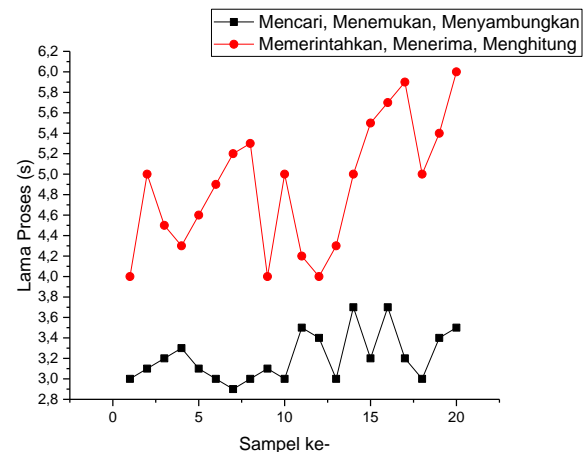


Gambar 17. Grafik Sebaran Nilai Error Pengukuran Berat Badan, Tinggi Badan, dan BMI.

Dari hasil pengambilan sampel, didapatkan error rata-rata untuk pengukuran berat badan adalah 0,12%, tinggi badan adalah 0,2%, dan BMI adalah 0,48%.

10. Pengujian Aplikasi

Pengujian aplikasi dilakukan untuk mendapatkan kinerja aplikasi dalam satuan waktu. Pengujian pertama dilakukan untuk mendapatkan waktu yang dibutuhkan untuk aplikasi mencari, menemukan, dan terkoneksi dengan instrumen. Pengujian selanjutnya adalah pengujian untuk mengukur waktu yang dibutuhkan aplikasi untuk mengirim perintah, menerima data, dan menghitung data pengukuran instrumen.



Gambar 18. Grafik Hasil Pengujian Kinerja Aplikasi.

Dari hasil pengujian, didapatkan hasil seperti pada “Gambar 18” dimana rata-rata waktu yang dibutuhkan aplikasi adalah 3,22 s untuk mencari, menemukan, dan terkoneksi dengan instrumen. didapatkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengirim perintah, menerima data, dan menghitung data pengukuran instrumen. adalah 4,89 s.

11. Survey Pengguna

Dari survei pengguna yang bisa didapatkan 94,7% pengguna bahwa pengukuran sudah menunjukkan hasil yang benar. 89,5% sudah merasa privasi data aman. 94,7% pengguna menjadi sadar akan pentingnya menjaga bentuk tubuh. 94,7% pengguna setuju tampilan sudah user-friendly. 100% pengguna setuju bahwa informasi yang diberikan sangat informatif.

12. Kesimpulan

- Instrumen dapat menampilkan pengukuran BMI dengan mengintegrasikan 2 parameter pengukuran dari sensor berat badan dan tinggi badan dan 2 parameter dari masukkan pengguna.
- Akurasi sensor loadcell terhadap alat ukur standard adalah 99,38%, *error* $\pm 0,62\%$, dan CV 0,16%. Nilai *error* yang kecil menunjukkan pengukuran menunjukkan yang mendekati nilai yang sebenarnya dan nilai CV yang kecil menunjukkan ukuran sebaran data yang kecil.
- Akurasi sensor ultrasonik untuk pengukuran tinggi badan terhadap alat ukur standard adalah 99,71%, *error* $\pm 0,29\%$. Nilai *error* ultrasonik yang kecil nilai terukur tidak jauh menyimpang dari nilai sebenarnya.
- Kinerja Bluetooth dalam mentransmisikan data pada jarak 0 meter 28,55 ms dan jarak 1 meter adalah 33,025 ms.
- Setelah diintegrasikan hasil pengukuran divalidasi dengan *error* rata-rata untuk pengukuran berat badan adalah 0,12%, tinggi badan adalah 0,2%, dan BMI adalah 0,48%.
- Kinerja aplikasi 3,22 detik untuk mencari, menemukan, dan terkoneksi dengan dan 4,89 detik mengirim perintah, menerima data, dan menghitung data pengukuran.

- Hasil survei pengguna, 89,5% pengguna merasa privasi lebih terjamin jadi tampil hanya di ponsel pintar pengguna. 94,7% pengguna setuju bahwa hasil pengukuran memberikan hasil yang benar, menjadi sadar akan pentingnya menjaga bentuk tubuh, dan tampilan aplikasi sudah user-friendly. 100% pengguna setuju bahwa semua informasi yang ditampilkan informatif.

13. Saran

- Material pengganti pipa PVC untuk tiang penyangga dapat diganti dengan material yang lebih kokoh seperti logam.
- Sensor tinggi badan dapat diganti dengan LASER *range finder* atau *linear motion tracker* agar pengukuran tidak harus menggunakan bantuan benda datar diatas kepala pengguna dan akurasi meningkat.
- Aplikasi yang sudah memiliki sistem *cloud* dapat dikembangkan lagi agar pengguna dapat terhubung ke ahli gizi atau dokter terkait kondisi kesehatannya lebih lanjut.

Daftar Pustaka

- [1] Misnadiarly, *Obesitas sebagai faktor risiko beberapa penyakit*, Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia, 2007.
- [2] StatCounter, “Market share of mobile operating systems in Indonesia from January 2012 to December 2017*,” Statista 2018, Hamburg, 2018.
- [3] StatCounter, “Smartphone unit shipments worldwide by screen size from 2015 to 2021 (in millions),” Statista 2018, Hamburg, 2016.
- [4] WHO, “BMI-for-age (5-19 years),” [Online]. Available: http://www.who.int/growthref/who2007_bmi_for_age/en/. [Diakses 13 April 2018].
- [5] C. Shekher, “C#Corner,” Introduction to Xamarin, 2016 Mei 2016. [Online]. Available: <https://www.c-sharpcorner.com/article/introduction-to-xamarin/>. [Diakses 13 April 2018].
- [6] C. W. d. SILVA, *SENSORS AND ACTUATORS*, Florida: Taylor & Francis Group, 2007.
- [7] N. Gupta, *Inside Bluetooth Low Energy*, Boston: Artech House, 2013.
- [8] Link Labs, “Bluetooth Vs. Bluetooth Low Energy: What’s The Difference?,” 1

- November 2015. [Online]. Available: <https://www.link-labs.com/bluetooth-vs-bluetooth-low-energy/>. [Diakses 7 April 2018].
- [9] S. Halim, Merancang Mobile Robot Pembawa Objek Menggunakan OOPic-R, Jakarta: PT Elex Media Komputindo, 2007.
- [10] A. S. Indrayana, R. Primananda dan K. Amron, "Rancang Bangun Sistem Komunikasi Bluetooth Low Energy (BLE) Pada Sistem Pengamatan Tekanan Darah," Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, vol. 2, no. 8, pp. 2462-2472, 2018.
- [11] L. A. Ferrera (Editor), BODY MASS INDEX: NEW RESEARCH, New York: Nova Science Publisher, Inc., 2005.
- [12] E. White, Bluetooth: The Everything Guide to Bluetooth Technology, North Carolina: Lulu Press, Inc., 2015.
- [13] E. R. Ritenour dan W. Hendee, Medical Imaging Physics, Missouri: Mosby, 1992.
- [14] F. Afifah, "Nakita.id," 19 Maret 2018. [Online]. Available: <http://nakita.grid.id/read/0230819/begini-cara-membedakan-anak-kurus-yang-sehat-dan-anak-yang-kurang-gizi?page=all>. [Diakses 30 November 2018].
- [15] M. Shotina, "123RF," 123RF, - - -. [Online]. Available: <https://www.123rf.com/portfolio/mashot/2.html>. [Diakses 1 November 2018].
- [16] M. Stommel dan C. A. Schoenborn, "Variations in BMI and Prevalence of Health," Obesity, vol. 18, p. 9, 2010.