

**Perancangan Alat Pengukur Ketinggian Air yang Ergonomis
(Studi Kasus di Laboratorium Hidraulika Program Studi Teknik Sipil
Universitas Kristen Maranatha)**

***Ergonomic Design of Water Level Meter
(Case Studies in the Hydraulics Laboratory of the Civil Engineering Program
Maranatha Christian University)***

Novi Soesilo^{1*}, Pin Panji Yapinus², Yokhanan Ezra Budhi Artha³

^{1,3}Program Studi Teknik Industri, Universitas Kristen Maranatha, Bandung

²Program Studi Sistem Komputer, Universitas Kristen Maranatha, Bandung

*Penulis korespondensi: Novi Soesilo, novi@eng.maranatha.edu


Abstrak

Laboratorium adalah tempat yang memiliki berbagai fungsi. Semakin baik fasilitas yang dimiliki oleh sebuah laboratorium maka akan semakin menunjang mahasiswa dalam menambah pengetahuan, wawasan, dan pengalaman. Saat ini, Laboratorium Hidraulika Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha masih menggunakan alat pengukur ketinggian air yang konvensional sehingga resiko kesalahan pembacaan alat menjadi lebih besar. Oleh sebab itu, Robby Talar, dkk. melakukan perancangan alat elektronik yang dapat membantu mahasiswa dalam mengukur ketinggian air. Akan tetapi, alat elektronik yang dirancang tersebut belum memperhatikan aspek ergonomi sehingga alat masih sulit dalam penggunaannya, dan rentan terhadap air. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan rancangan alat pengukur ketinggian air yang ergonomis sehingga alat tersebut memiliki desain yang dapat melindungi komponen dari air dan dapat mempermudah mahasiswa untuk melakukan pencatatan data. Pengumpulan data penelitian dimulai melakukan analisis postur menggunakan metode REBA. Selanjutnya dilakukan survey untuk menentukan material prototype serta dilakukan pengukuran tingkat snellen acuity dan lebar bak air. Ada 3 jenis ukuran bak dengan jarak titik pengukuran per 3 m. Selanjutnya dilakukan pemilihan bahan dengan metode concept scoring dan penentuan dimensi yang ergonomis. Setelah diperoleh desain rancangan, dibuatlah prototype alat pengukur ketinggian air. Prototype diujicobakan di Laboratorium Hidraulika. Hasilnya memperlihatkan bahwa rancangan ergonomis karena data akurat dan pengukur dapat melihat display secara jelas dengan postur yang baik di seluruh titik pengukuran, baik jarak dekat maupun jarak jauh.

Kata kunci: alat ukur, display, ergonomi, perancangan

How to Cite:

Soesilo, N., Yapinus, P.P. and Artha, Y.E.B. (2022) 'Perancangan alat pengukur ketinggian air yang ergonomis (studi kasus di Laboratorium Hidraulika Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha)', *Journal of Integrated System*, 5(2), pp. 156–172. Available at: <https://doi.org/10.28932/jis.v5i2.4520>.

© 2022 Journal of Integrated System. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. 

Abstract

The laboratory is a place that has various functions. The better the facilities owned by a laboratory, the more it will support students in adding knowledge, insight, and experience. Currently, the Hydraulics Laboratory of the Civil Engineering at Maranatha Christian University still uses conventional water level meter so that the risk of instrument reading errors is greater. Therefore, Robby Talar, et al. designed an electronic device that can help students measure the water level. However, the electronic devices designed have not considered the ergonomics aspect so that the tools are still difficult to use and vulnerable to water. Therefore, it is necessary to design an ergonomic water level meter so that the tool has a design that can protect components from water and can make it easier for students to record data. The data collection was started by doing a posture analysis using the REBA method. Furthermore, a survey was conducted to determine the prototype material and to measure the snellen acuity level and the width of the water tank. There are 3 types of tub sizes with a measurement point distance of 3 m. Furthermore, the selection of materials with the concept scoring method and the determination of ergonomic dimensions. After obtaining the design, a prototype of a water level meter was made. The prototype was tested in the Hydraulics Laboratory. The results show that the design is ergonomic because the data is accurate and the display can see clearly with good posture at all measurements points, both near and far.

Keywords: design, display, ergonomics, measuring tools

1. Pendahuluan

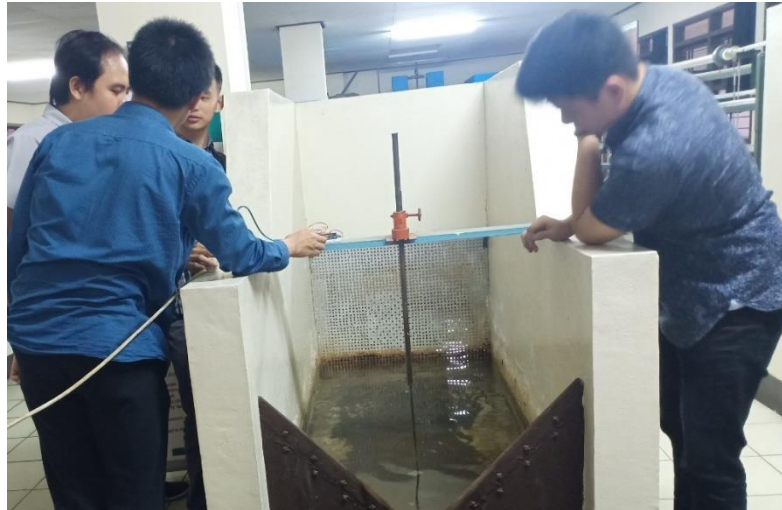
Laboratorium adalah tempat untuk melakukan percobaan terhadap riset ilmiah berupa pengukuran maupun pelatihan. Tujuan melakukan kegiatan tersebut pada laboratorium adalah agar teori yang telah diperoleh dapat disimulasikan, dipraktekkan atau dikembangkan. Laboratorium dibedakan sesuai dengan disiplin ilmunya. Dengan demikian maka fasilitas yang terdapat di laboratorium pun berbeda-beda sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

Sejalan dengan pertumbuhan teknologi saat ini, fasilitas yang terdapat pada laboratorium semakin mutakhir. Penggunaan alat-alat uji yang konvensional mulai diganti dengan alat-alat baru yang berbasis elektronik. Pemutakhiran tersebut bertujuan untuk memudahkan sekaligus mengefektifkan kegiatan yang ada di laboratorium tersebut.

Meskipun penggunaan elektronik dalam melakukan pemutakhiran laboratorium sangat membantu dalam hal kegiatan, namun perangkat elektronik rentan terhadap cairan. Karena cairan bisa dengan mudah merusak sistem sinyal listrik yang terdapat pada komponen elektronik tersebut.

Saat ini, Laboratorium Hidraulika Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha masih menggunakan alat pengukur ketinggian air yang konvensional. Oleh sebab itu, Tallar dkk. (2021) melakukan perancangan alat elektronik yang dapat membantu mahasiswa dalam mengukur ketinggian air. Akan tetapi, alat elektronik yang dirancang tersebut belum dirancang dengan baik sehingga data yang ditampilkan masih belum akurat dan alat rentan terkena cipratan air. Ketidakakuratan data yang ditampilkan oleh alat elektronik ini menyebabkan pengguna alat kembali menggunakan alat pengukur ketinggian air yang konvensional. Padahal alat tersebut sudah kurang layak untuk digunakan karena postur pengguna ketika membaca alat ukur tidak ergonomis dan tingkat kesalahan membaca menjadi lebih besar.

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka penulis melakukan penelitian dengan tujuan untuk mendapatkan rancangan alat pengukur ketinggian air yang ergonomis. Alat yang dirancang haruslah mudah digunakan, data yang ditampilkan akurat, dan resiko kerusakan karena terkena percikan air dapat diminimalisir.

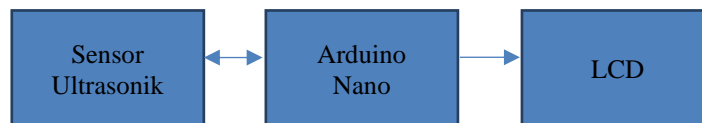


Gambar 1. Alat ukur aktual

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Blok Diagram Alat Ukur Ketinggian Air

Alat ini menghubungkan 1 sensor *ultrasonic* kepada Arduino Nano yang datanya diproses dan ditampilkan pada layar LCD. Tombol pada alat ini digunakan untuk mengkalibrasi nilai ketinggian yang terukur menggunakan sensor ultrasonik kemudian dijadikan nilai awal pengukuran, kemudian alat akan menampilkan selisih ketinggian air yang diukur oleh alat. Hubungan antara alat tersebut dijelaskan pada gambar berikut.



Gambar 2. Hubungan antar alat

2.2 Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang menghitung pantulan dari suara ultrasonik yang dipancarkan untuk mendapatkan jarak antara sensor dan media pantulnya. Sensor ultrasonik bekerja dengan cara memancarkan suatu gelombang dan kemudian menghitung waktu pantulan gelombang tersebut. Gelombang ultrasonik bekerja pada frekuensi mulai dari 20 KHz sampai dengan 20 MHz (Andrianto dan Darmawan, 2017).



Gambar 3. Perangkat ultrasonik

2.3 Arduino Uno

Board Arduino Uno menggunakan mikrokontroler ATmega328. Secara umum posisi/letak pin-pin terminal I/O pada berbagai *board* Arduino memiliki kesamaan. Pada umumnya

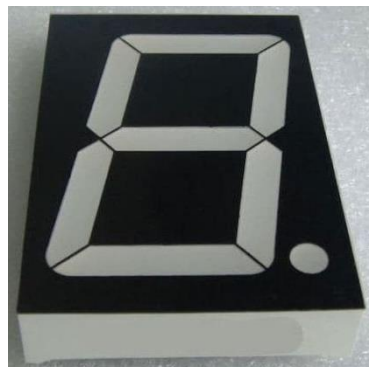
posisi/letak pin-pin terminal I/O dari Arduino Uno, memiliki 14 pin digital, yang dapat diatur menjadi *input* maupun *ouput*. Diantaranya memiliki fungsi ganda (Andrianto dan Darmawan, 2017).



Gambar 4. Arduino Uno

2.4 7 Segment 4 Inch

7 Segment adalah komponen elektronik yang dipergunakan untuk menampilkan angka maupun huruf. Biasanya 7 Segment dilengkapi dengan 7 ruas tersusun menyerupai angka 8 dilengkapi dengan dot/titik yang terletak pada kanan bawah (Saro, Sompie dan Allo, 2018).



Gambar 5. 7 Segment 4 Inch

Pada penelitian Perancangan Alat Pengukur Ketinggian Air yang Ergonomis, 7 segment dipergunakan untuk menampilkan hasil ukur ketinggian menggunakan sensor *ultrasonic*. Untuk menampilkan data yang lengkap, enam 7 segment disusun menggunakan rangkaian elektronik khusus.



Gambar 6. Enam 7 Segment 4 Inch yang sudah disusun

2.5 Rangkaian Listrik

Mengoperasikan alat ini menggunakan arus listrik DC. Arus listrik langsung dialirkan pada Arduino Nano sebesar 5 volt. Kebutuhan beda potensial Arduino Nano membuat alat ini mudah dioperasikan secara fleksibel. Cukup menggunakan *powerbank* atau *charger smartphone* yang digunakan secara umum. Hal ini bertujuan untuk memudahkan penggunaan serta pengembangan alat ini di kemudian hari. Masing-masing komponen yang digunakan memiliki jalur aliran listrik yang rapat dan cukup rentan rusak bila terkena air, karena kandungan pada air dapat menghantarkan listrik. Instrumen kelistrikan akan kehilangan sistemnya, karena terdapat hubungan singkat yang terjadi diakibatkan tetesan air tersebut.

2.6 Pengaruh Air Terhadap Rangkaian Elektronik

Terdapat penelitian yang memanfaatkan air larutan garam sebagai kabel penghantar listrik pengganti tembaga. Menempatkan alat elektronik pada lingkungan yang berhubungan dengan air memiliki resiko di dalam pengoperasiannya. Kandungan pada air dapat menjadi konduktor bagi aliran listrik. Untuk mengantisipasi resiko tersebut, melindungi komponen listrik dari pengaruh air dapat menjadi solusi sehingga penggunaan alat ini dapat bekerja lebih baik dan tahan lama (Rezki dkk., 2019).

2.7 Ergonomi

Iridiastadi dan Yassierli (2014) mendefinisikan Ergonomi sebagai suatu disiplin yang mengkaji keterbatasan, kelebihan, serta karakteristik manusia, dan memanfaatkan informasi tersebut dalam merancang produk, mesin, fasilitas, lingkungan, dan bahkan sistem kerja, dengan tujuan utama tercapainya kualitas kerja yang terbaik tanpa mengabaikan aspek kesehatan, keselamatan, serta kenyamanan manusia penggunaannya. Ada berbagai sub-disiplin ergonomi, diantaranya yaitu antropometri, biomekanika kerja, fisiologi kerja, *human information processing* dan ergonomi kognitif, *human computer interaction* (HCI), *display* dan *controls*, lingkungan kerja, serta ergonomi makro.

2.8 Postur Kerja

Postur kerja merupakan titik penentu dalam menganalisis keefektifan suatu pekerjaan. Apabila postur kerja yang dilakukan oleh operator sudah baik dan ergonomis maka dapat dipastikan hasil yang diperoleh oleh operator tersebut akan baik (Susanti, Zadry, dan Yuliandra, 2015). Ada berbagai metode penilaian postur tubuh, salah satunya yaitu metode REBA (*Rapid Entire Body Assessment*). REBA adalah sebuah metode yang dikembangkan dalam bidang ergonomi dan dapat digunakan secara cepat untuk menilai posisi kerja atau postur leher, punggung, lengan, pergelangan tangan dan kaki operator (Hutabarat, 2017). Metode ini juga dipengaruhi faktor *coupling*, beban eksternal yang ditopang oleh tubuh serta aktivitas pekerja. Penilaian postur kerja dengan metode REBA akan memberikan skor resiko antara 1 sampai 15, dimana skor tertinggi menunjukkan level yang memiliki resiko yang besar (bahaya) untuk dilakukan dalam bekerja. REBA dikembangkan untuk mendeteksi postur kerja yang beresiko dan memerlukan tindakan perbaikan segera.

2.9 Kemampuan Penglihatan

Kemampuan penglihatan dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu ketajaman visual, daya akomodasi, dan usia (Iridiastadi dan Yassierli, 2014). Ketajaman visual adalah kemampuan mata untuk dapat melihat suatu objek dengan terperinci (Iridiastadi dan Yassierli, dalam Wickens, 2014). Selain dipengaruhi kondisi objek (jarak, intensitas cahaya yang dipantulkan objek, dan kecepatan gerak objek), ketajaman penglihatan dipengaruhi oleh karakteristik mata dan kemampuan akomodasi.

Salah satu metode yang sering digunakan untuk mengukur ketajaman visual adalah dengan melakukan tes menggunakan *Snellen Chart*. Uji ini dilakukan pada jarak 6 m (20 feet) dengan membaca teks dari atas ke bawah. Kemampuan penglihatan dianggap normal jika mampu

membaca tanpa salah semua huruf pada baris 20/20. Jika tanpa salah hanya sampai baris 20/40, artinya kemampuan orang tersebut untuk membaca pada jarak 20 kaki, dapat dilakukan orang secara normal pada jarak 40 kaki. Jika mampu membaca tanpa salah semua huruf pada baris 20/10, artinya orang tersebut mampu membaca pada jarak 20 kaki saat orang normal hanya bisa melakukannya pada jarak 10 kaki.



Gambar 7. Snellen chart

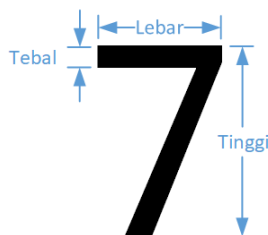
Berikut adalah rumus yang dapat digunakan untuk menentukan ketebalan huruf, tinggi huruf dan jarak baca (Yassierli dkk., 2020):

$$W_s = 1,45 \times 10^{-5} \times S \times d \quad (1)$$

$$H_i = \frac{W_s}{R} \quad (2)$$

Di mana:

- W_s : tebal huruf (cm)
- S : nilai pada *snellen acuity* (jika *snellen acuity* bernilai 20/40 maka $S=40$)
- D : jarak baca (cm)
- H_i : tinggi huruf (cm)
- R : nilai perbandingan tebal dengan tinggi dari huruf



Gambar 8. Ukuran huruf

2.10 Display

Display merupakan suatu alat buatan manusia yang berfungsi untuk menampilkan informasi yang dapat diproses oleh organ sensori manusia, tidak hanya organ penglihatan, tetapi juga organ sensor lainnya, seperti pendengaran dan peraba (Yassierli dkk., 2020). Ada 3 jenis *display* yaitu visual, auditori, dan taktual (Yassierli dkk., 2020). *Display* visual merupakan perangkat yang digunakan untuk menyampaikan informasi tentang suatu objek atau kejadian melalui indra penglihatan. *Display* auditori digunakan untuk mempresentasikan data untuk

ditangkap oleh sistem indra pendengaran. *Display* tactual merupakan *display* yang berfungsi untuk menyampaikan informasi melalui indra peraba.

Menurut Bush (2012), *visual display* cocok digunakan ketika lingkungan bising, operator cenderung pada posisi tetap dan tidak membutuhkan respon segera. Sedangkan *auditory display* cocok digunakan ketika tidak ada penerangan yang cukup dan operator harus bergerak, dibutuhkan tindakan segera, pesan yang disampaikan singkat dan sederhana. Dalam penggunaan auditory display, auditori setidaknya harus 10dB lebih keras dari kebisingan sekitar, frekuensi sinyal berkisar antara 200 hingga 5000 Hz dengan rentang terbaik antara 500 dan 1500 Hz. Frekuensi rendah digunakan untuk penyebaran suara jarak jauh dan frekuensi yang lebih rendah dari 500 Hz ketika sinyal harus diblokkan atau melewati penghalang suara. *Display* terbaik yaitu *display* yang bisa dibaca dengan lebih cepat tetapi juga akurat (Guastello, 2013). Elektronik *display* bila didesain dengan benar menggunakan pertimbangan faktor manusia, dapat lebih efektif, akurat, dan lebih cepat dalam menyampaikan informasi. Dalam lingkungan kerja, elektronik *display* dapat digunakan pada kondisi dimana operator dapat fokus melihat *display* tanpa menghambat kinerja atau keselamatan (Bush, 2012). Tipe informasi dan *display* yang direkomendasikan Weimer (1993) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tipe informasi dan *display*

Tipe informasi	Tampilan yang disarankan	Kebutuhan	Contoh di industri
Pembacaan kuantitatif	Pembacaan atau perhitungan digital	Waktu pembacaan minimal Potensi kesalahan minimum	Jumlah unit yang diproduksi pada mesin produksi
Pembacaan kualitatif	Pointer bergerak atau grafik	Posisi mudah dideteksi, terlihat modern	Perubahan suhu di area kerja
Pengecekan	Pointer bergerak atau pembacaan digital	Penyimpangan dari normal mudah dideteksi	Pengukur tekanan pada alat yang digunakan
Pengaturan	Memindahkan petunjuk atau pembacaan digital	Ada hubungan langsung antara pergerakan pointer dan control, akurat	Grafik kalibrasi pada peralatan uji
Pembacaan status	Lampu	Kode warna, indikasi status	Penanda di jalur produksi
Instruksi operasi	Sinyal lampu	Memberi info tindakan yang diperlukan, berkedip untuk peringatan	Jalur manufaktur dalam sistem produksi utama

2.11 Penelitian Pendahuluan

Studi pendahuluan yang telah dilaksanakan dan hasil yang sudah dicapai adalah sebagai berikut:

1. Tallar dkk. (2021) mendesain alat ukur tinggi muka air digital untuk saluran irigasi. Hasilnya alat ukur yang dapat digunakan untuk menghitung selisih ketinggian air pada bak simulasi irigasi di Laboratorium Hidraulika Maranatha. Namun, alat yang dihasilkan masih rentan terhadap pengaruh air yang ada pada bak simulasi irigasi.
2. Afdali, Daud dan Putri (2017) melakukan perancangan alat ukur digital untuk tinggi dan berat badan dengan output suara berbasis arduino uno. Hasilnya sebuah alat ukur yang dapat memberikan informasi menyangkut kondisi berat badan seseorang.
3. Susilo, Poekoel dan Manembu (2015) melakukan perancangan sistem pengukuran kedalaman sungai. Hasilnya adalah sebuah alat ukur yang bekerja dengan menggunakan sistem sensor sonar.
4. Handayani, Setiadi dan Iman (2019) melakukan penelitian tentang alat pengukur ketinggian air berbasis *microcontroller* sebagai peringatan banjir dengan notifikasi. Hasil penelitian menyatakan bahwa sensor sangat cocok digunakan untuk merancang alat pengukur ketinggian air karena selain efektif dalam pengukuran pada jarak 1-300cm, sensor juga memberikan hasil yang akurat.

5. Wahyudi, dkk. (2015) melakukan perancangan dan pembuatan alat ukur jarak digital berbasis arduino menggunakan sensor *rotary encoder*. Hasilnya berupa alat ukur jarak digital untuk mengatasi masalah yang dialami pengguna yang kesulitan membaca titik ukur pada alat ukur manual. Terdapat prosentase selisih rata-rata terhadap alat ukur manual sebesar 0,25614%.
6. Missa, Lapono, dan Wahid (2018) melakukan rancang bangun alat pasang surut air laut berbasis arduino uno dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Hasilnya berupa alat yang dapat menampilkan ketinggian air laut beserta grafik pasang surutnya.

Berdasarkan penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa penggunaan alat ukur digital dapat digunakan untuk perancangan alat pengukur ketinggian air. Penggunaan sensor ultrasonik yang dipadukan dengan *microcontroller* berbasis arduino uno cocok digunakan untuk mendeteksi ketinggian air karena dapat memberikan hasil yang akurat. Hal ini berdasarkan penelitian terdahulu yang telah menghasilkan rancangan alat pengukur ketinggian air untuk mendeteksi banjir, alat pengukur kedalaman sungai, dan alat pengukur ketinggian air laut.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian dikelompokkan dalam beberapa tahap utama, yaitu:

1. Tahap pertama mengumpulkan literatur untuk mempelajari dasar teori masalah yang diteliti. Dukungan literatur berasal dari buku, jurnal, dan publikasi ilmiah terkait lainnya, terutama menyangkut riwayat publikasi hasil penelitian mengenai alat pengukur ketinggian air.
2. Tahap kedua menyusun latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta kerangka pemikiran yang mendasari penelitian ini.
3. Tahap ketiga melakukan penelitian pendahuluan untuk melihat langsung kondisi aktual, mengumpulkan informasi mengenai penggunaan alat pengukur ketinggian, dan menganalisis postur pengguna menggunakan metoda REBA (*Rapid Entire Body Assessment*).
4. Tahap keempat melakukan *survey* terkait bahan yang cocok untuk digunakan dalam pembuatan *prototype*.
5. Tahap kelima melakukan pengukuran *snellen acuity* terhadap mahasiswa dan menentukan ukuran huruf yang ideal.
6. Tahap keenam melakukan perancangan alat elektronik pengukur ketinggian air dengan mempertimbangkan aspek ergonomi.
7. Tahap ketujuh membuat *prototype* alat elektronik pengukur ketinggian air dan menganalisis postur pengguna ketika menggunakan *prototype* alat elektronik pengukur ketinggian air. Selanjutnya dilakukan penarikan kesimpulan dari hasil penelitian.

3.1 Kondisi Alat Ukur Aktual



Gambar 9. Tampilan muka masing-masing bak

Ada 3 jenis bak air yang digunakan di Laboratorium Hidraulika. Pengukuran ketinggian air dilakukan di 4 titik pada setiap bak. Jarak antar titik pengukuran masing-masing berjarak 3 m. Tampilan muka setiap bak ditunjukkan pada Gambar 9. Pada kondisi aktual, pengukur dapat mengetahui ketinggian air dengan cara membaca secara langsung batas yang tertera pada alat. Alat pengukur ketinggian air yang digunakan saat ini, ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 10. Pembacaan ketinggian air aktual

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position
 -1, -2, 0, 1, 2, 3, 4
 Step 1a. Adjust...
 If neck is twisted: -1
 If neck is side bending: -1
2 Neck Score

Step 2: Locate Trunk Position
 -1, -2, -3, -4
 Step 2a. Adjust...
 If trunk is twisted: -1
 If trunk is side bending: -1
4 Trunk Score

Step 3: Legs
 -1, -2, 0, 1, 2, 3, 4
 Adjust: 10-60°
 Add +1, Add -2
2 Leg Score

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
 Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A
6 Posture Score A

Step 5: Add Force/Load Score
 If load < 11 lbs: -0
 If load 11 to 22 lbs: +1
 If load > 22 lbs: +2
 Adjust: If shock or rapid build up of force: add -1
0 Force/Load Score

Step 6: Score A. Find Row in Table C
 Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A.
 Find Row in Table C.
6 Score A

SCORES

Table A		Neck		
		1	2	3
Legs	1	2	3	4
	2	3	4	1
	3	4	1	2
	4	1	2	3
Trunk Posture Score	1	2	3	4
	2	3	4	1
	3	4	1	2
	4	1	2	3

Table B

Lower Arm		Upper Arm		
		1	2	3
Wrist	1	2	3	1
	2	1	2	3
	3	3	4	5
	4	4	5	6
Upper Arm Score	1	2	3	4
	2	3	4	5
	3	4	5	6
	4	5	6	7

Table C

Score A (score from table A + load/force score)		Score B (table B value + coupling score)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	7	8	8	8	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	8	8	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	10	10	11	11	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	11	11	11	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11
10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position:
 -1, -2, 0, 1, 2, 3, 4
 Step 7a. Adjust...
 If shoulder is raised: -1
 If upper arm is abducted: -1
 If arm is supported or person is leaning: -1
2 Upper Arm Score

Step 8: Locate Lower Arm Position:
 -1, -2, 0, 1, 2, 3, 4
1 Lower Arm Score

Step 9: Locate Wrist Position:
 -1, -2, 0, 1, 2, 3, 4
 Step 9a. Adjust...
 If wrist is bent from midline or twisted: Add -1
1 Wrist Score

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
 Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B
1 Posture Score B

Step 11: Add Coupling Score
 Well fitting handle and mid range power grip: good: -0
 Acceptable but not ideal hand held or coupling acceptable with another body part: fair: +1
 Hand held not acceptable but possible: poor: +2
 No handles, awkward, unsafe with any body part: unacceptable: +3
0 Coupling Score

Step 12: Score B. Find Column in Table C
 Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.
6 Score B

Step 13: Activity Score
 -1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
 -1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
 -1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base
6 Activity Score

Final REBA Score
 Table C Score + Activity Score = **6**

Scoring:
 1 = negligible risk
 2 or 3 = low risk, change may be needed
 4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon
 8 to 10 = high risk, investigate and implement change
 11+ = very high risk, implement change

Gambar 11. Analisis REBA kondisi actual

Alat ukur yang digunakan saat ini terbuat dari meteran besi yang ditempelkan pada tongkat besi. Kondisinya sudah berkarat di beberapa bagian sehingga ada bagian angka yang sulit terbaca karena tertutup karat. Mahasiswa harus memperkirakan ketinggian air berdasarkan angka yang ditunjukkan oleh meteran tersebut. Kondisi ini menyebabkan hasil pengukuran menjadi kurang akurat. Oleh karena itu, dilakukan penambahan alat sensor untuk membantu membaca ketinggian air. Akan tetapi alat sensor yang digunakan masih berupa rangkaian

listrik, tidak memiliki penutup dan tidak memiliki *display* yang cukup memadai sehingga mahasiswa juga mengalami kesulitan membaca angka yang tertera pada *display*. Kesulitan pembacaan membuat mahasiswa tidak nyaman karena harus membungkuk dan menajamkan penglihatan sehingga posturnya tidak baik. Keluhan ini dibuktikan dengan perhitungan analisis postur menggunakan metode REBA. Berdasarkan analisis postur menggunakan metoda REBA, diperoleh score REBA sebesar 6 (berada pada rentang 4-7). Hal ini menunjukkan bahwa tingkat resiko berada pada level sedang dan membutuhkan tindakan.

3.2 Analisis Kondisi Aktual

Terdapat beberapa kekurangan alat pengukur ketinggian air yang digunakan saat ini. Alat pengukur ketinggian air yang digunakan saat ini tidak memiliki lampu penerangan sehingga pengukur sulit membaca dengan tepat angka yang tertera pada alat ukur. Kesulitan membaca semakin bertambah karena angka-angka yang tertera pada alat ukur buram sehingga menyebabkan resiko kesalahan pembacaan menjadi lebih besar. Kesulitan dalam melakukan pembacaan menyebabkan pengukur membungkuk dan memiringkan tubuhnya agar dapat membaca angka yang tertera. Hal ini menyebabkan postur tubuh menjadi kurang baik dan dapat menyebabkan resiko cedera. Alat elektronik yang digunakan juga tidak memiliki pelindung sehingga resiko terkena air menjadi tinggi. Peletakan kabel dan alat pengukur ketinggian air belum mempertimbangkan aspek ergonomi.

3.3 Pemilihan Bahan

Berdasarkan kondisi dan permasalahan yang ada, maka selanjutnya dilakukan *survey* untuk mencari bahan yang cocok digunakan dalam rancangan usulan alat pengukur ketinggian air. Alat pengukur ketinggian air yang dirancang terdiri dari 2 bagian yaitu *display* dan alasnya. *Display* terbuat dari bahan kayu karena unggul dalam hal kemudahan proses pembuatan, estetika dan harga.

Ada beberapa alternatif bahan yang bisa digunakan untuk bagian alas yaitu besi, kayu, plastik, aluminium, akrilik. Setiap bahan memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Besi memiliki kelebihan murah harganya dan baik durabilitynya tetapi memiliki kekurangan mudah berkarat dan tampilannya kurang indah. Kayu memiliki kelebihan mudah dibentuk tetapi kurang tahan air dan tidak fleksibel. Plastik kelebihanannya tahan air tetapi kekurangannya mudah pecah, proses pembuatannya lebih sulit sehingga harganya pun relatif lebih mahal dibandingkan material lainnya. Aluminium memiliki kelebihan tahan air, fleksibel, dan tahan lama tetapi harganya tergolong lebih mahal. Akrilik memiliki kelebihan tahan air, fleksibel, serta mudah dibentuk tetapi kekurangannya lebih mudah pecah.

Tabel 2. *Concept scoring* bahan bagian alas

Kriteria Seleksi	Besi	Kayu	Plastik	Aluminium	Akrilik
Tahan air	1	2	4	4	4
Fleksibilitas	3	1,5	1,5	4,5	4,5
<i>Durability</i>	5	3	1	4	2
Proses pembuatan	2	3	1	4	5
Estetika	1	4,5	2,5	2,5	4,5
Harga	4	3	1	2	5
TOTAL	16	17	11	21	25
RANKING	4	3	5	2	1

Dalam menentukan bahan yang akan digunakan untuk bagian alas, dilakukan pemilihan bahan menggunakan metode *concept scoring* dengan kriteria maksimum (alternatif yang lebih baik diberi nilai yang lebih besar). Setiap alternative diberi nilai antara 1 sampai 5. Bila terdapat kondisi yang sama di antara alternatif yang ada maka penilaian berdasarkan nilai rata-rata dari alternatif yang memiliki kondisi sama tersebut. Kriteria seleksi dipilih untuk membedakan

konsep. Namun, karena tiap kriteria diberi bobot yang sama maka yang menjadi pertimbangan hanya kriteria yang dianggap penting (Ulrich, Eppinger dan Yang, 2020). Ada 6 kriteria seleksi yang menjadi pertimbangan dalam memilih bahan terbaik yaitu tahan air, fleksibilitas (ukuran lebar alas dapat diatur sesuai kebutuhan sampai batas tertentu), *durability* (ketahanan produk dari resiko rusak), proses pembuatan, estetika, dan harga (biaya pembuatan).

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode *concept scoring*, diperoleh total nilai antara 11 sampai 25 point. Dengan demikian, berdasarkan kriteria maksimum, dapat ditarik kesimpulan bahwa bahan terbaik yang cocok digunakan untuk bagian alas yaitu akrilik.

3.4 Pengukuran *Snellen Acuity* dan Penentuan Ukuran Huruf

Sebelum dilakukan perancangan, terlebih dahulu dilakukan pengukuran *snellen acuity* untuk mengetahui mayoritas ketajaman visual yang dimiliki para mahasiswa. Data diambil dari data mahasiswa/i yang berusia antara 18-23 tahun. Data yang diambil berjumlah 30 orang, terbagi rata dalam 2 gender. Penentuan responden berdasarkan pertimbangan bahwa pengguna alat rancangan adalah mahasiswa/i aktif yang berusia antara 18-23 tahun. Responden yang memiliki gangguan penglihatan telah dikoreksi menggunakan kacamata yang sesuai dengan tingkat gangguan penglihatan masing-masing. Hasilnya menunjukkan bahwa *snellen acuity* responden berkisar antara 20/15 sampai 20/30. Akan tetapi dalam penelitian ini, *display* dirancang supaya mudah dibaca oleh orang yang memiliki tingkat *snellen acuity* minimum 20/40 untuk mengakomodasi apabila terdapat pengguna yang memiliki tingkat *snellen acuity* yang lebih rendah.

Terdapat 4 titik pembacaan alat ukur yaitu pada jarak 3, 6, 9, dan 12 m dari pengukur. Pengukur menggunakan *display seven segment* yang memiliki ukuran kotak lebar 9 cm dan tinggi 12 cm dengan lebar huruf 6 cm, tinggi huruf 10 cm dan tebal huruf 1 cm. Kondisi lingkungan fisik berada dalam kondisi normal dengan tingkat pencahayaan yang cukup untuk melakukan pengambilan data.

Diketahui:

W_s = tebal huruf (cm)

S – *snellen acuity* (jika 20/40 maka $S= 40$)

d = jarak baca (cm)

$$W_s = 1,45 \times 10^{-5} \times S \times d$$

$$1 = 1,45 \times 10^{-5} \times 40 \times d$$

$$d = 1724,14 \text{ cm} = 17,24 \text{ m}$$

$$H_i = \frac{W_s}{R}$$

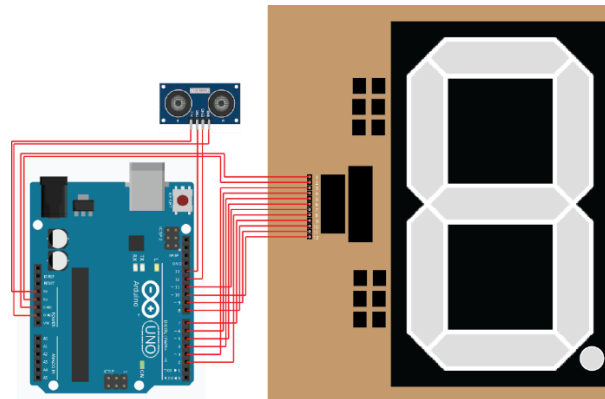
$$H_i = \frac{1}{0,1}$$

$$H_i = 10 \text{ cm}$$

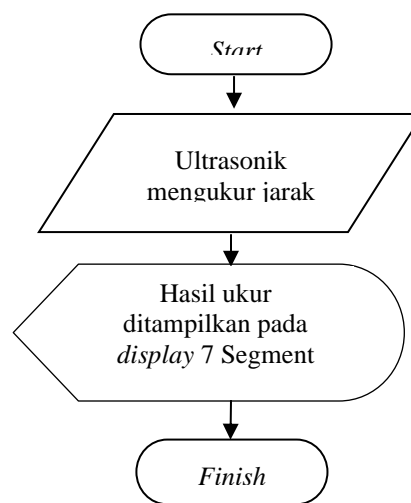
Ukuran huruf yang digunakan pada *display* dapat dibaca dengan jelas maksimum pada jarak 17,24 meter.

3.5 Perancangan Alat

Alat ini memanfaatkan ultrasonik untuk mengukur ketinggian air, data pantulan ultrasonik tersebut kemudian diproses menggunakan Arduino Uno, sehingga hasil hitung dapat ditampilkan melalui *display 7 Segment*. Adapun skema alat ini ditunjukkan pada Gambar 12.



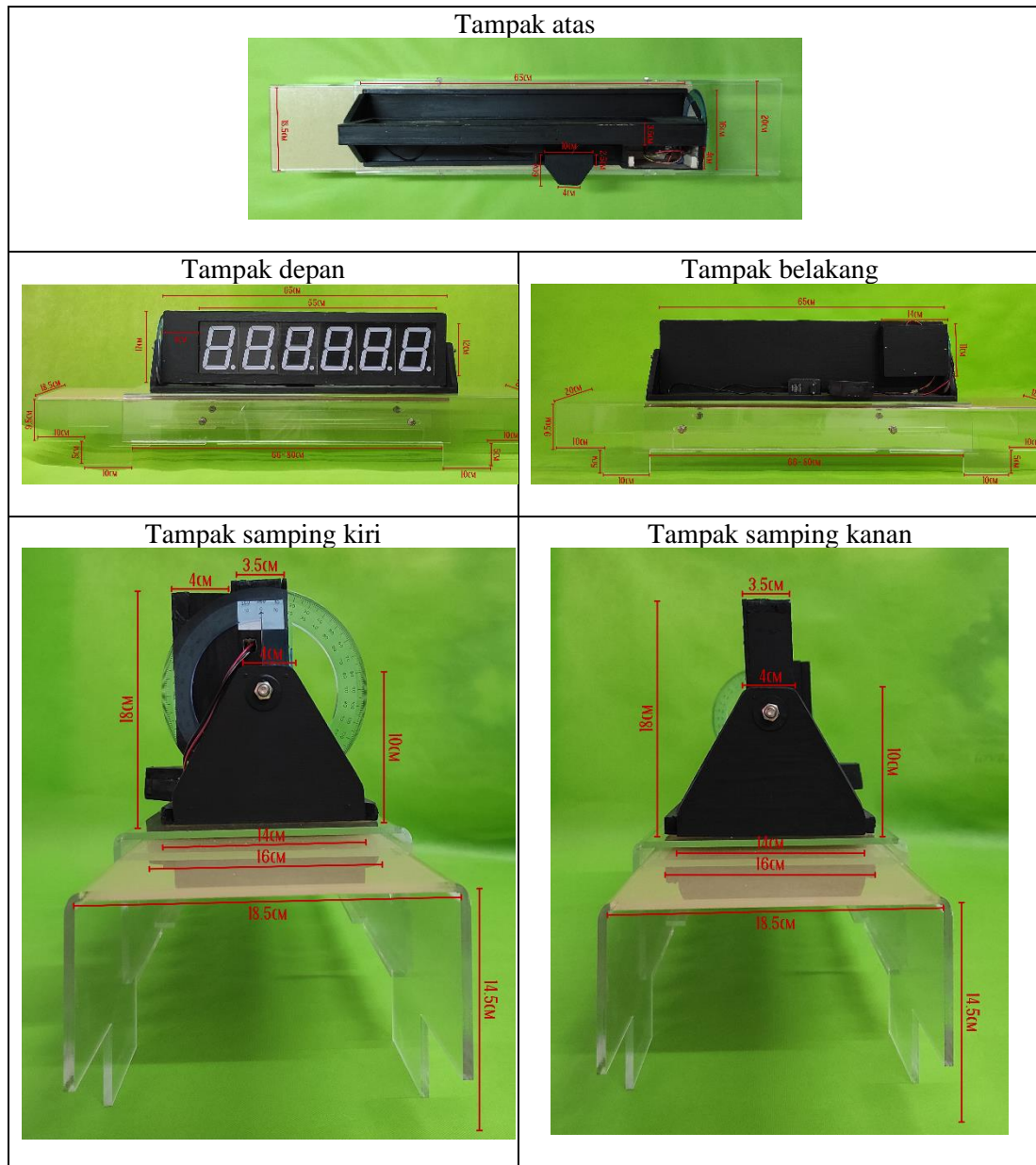
Gambar 12. Skema alat



Gambar 13. Flowchart program

Pada saat alat dijalankan, sensor ultrasonik langsung berfungsi untuk memancarkan dan menerima pantulan ultrasonik untuk menghitung jarak antara sensor dan permukaan air. Data tersebut diproses oleh Arduino dan langsung ditampilkan pada *display 7 Segment*. *Flowchart* yang menggambarkan proses tersebut digambarkan pada Gambar 13.

Dengan mempertimbangkan kekurangan alat pengukur ketinggian air yang digunakan saat ini, maka dirancang produk usulan dengan harapan kekurangan yang ada saat ini dapat teratasi. Alat pengukur ketinggian air digunakan dalam kondisi bising yang disebabkan oleh suara deru air yang mengalir, posisi operator cenderung tetap dan tidak membutuhkan respon segera. Dengan demikian maka *display* yang cocok yaitu *display* yang berupa *visual display*. Berdasarkan tipe informasi yang akan ditampilkan yaitu pembacaan kuantitatif maka Weimer (1993) menyarankan penggunaan *display* digital. Dengan penggunaan *display* digital maka waktu pembacaan menjadi minimal dan potensi kesalahan minimum. Berikut rancangan alat pengukur ketinggian air yang diusulkan beserta dimensinya.



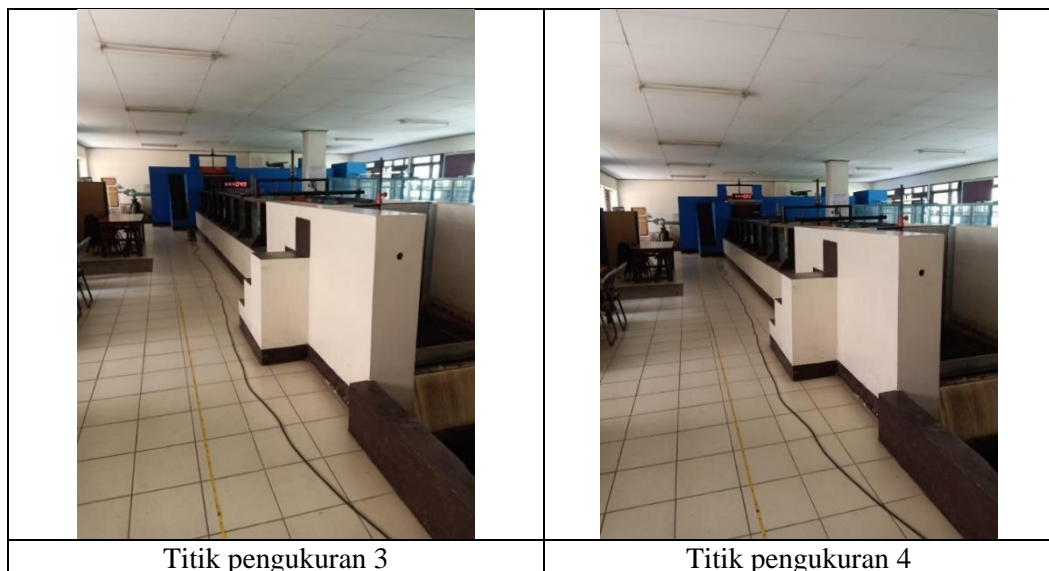
Gambar 14. Rancangan alat ukur



Gambar 15. Alat ukur usulan saat digunakan



Gambar 16. Titik pengukuran 1 dan 2



Gambar 17. Titik pengukuran 3 dan 4

Guastello (2013) mengatakan bahwa lampu merupakan bagian *display* yang baik digunakan jika *display* berada pada lingkungan yang kondisinya kadangkala gelap. Pencahayaan dalam ruangan seharusnya memadai untuk bekerja dalam kondisi normal. Oleh sebab itu dirancang *display* digital yang akan menyala sehingga pengukur dapat melihat angka yang tertera dengan jelas sekalipun ruangan dalam kondisi gelap (seluruh lampu dalam kondisi padam, pencahayaan hanya dari sinar matahari yang masuk melalui jendela). Alat ukur memiliki daya yang bersumber langsung pada listrik sehingga nyala lampu stabil dan angka tertera dengan jelas sehingga meminimasi resiko kesalahan pembacaan.

Pada bagian bawah-belakang alat rancangan terdapat sensor ultrasonik HC-SR04 yang telah diatur sedemikian rupa sehingga dapat memantulkan ultrasonik. Sensor ini terhubung dengan komponen 7 Segmen sehingga pada *display* akan tampil jarak sensor ke permukaan air. Dengan demikian dapat dihitung tingkat kedalaman air.

Berdasarkan perhitungan, ukuran huruf yang digunakan pada *display* dapat dibaca dengan jelas pada jarak 17,24 m, sedangkan jarak maksimum pembacaan yaitu pada jarak 12 m sehingga ukuran huruf yang digunakan sangat memadai. Dengan demikian, pengukur tidak perlu membungkuk dan menajamkan penglihatan sehingga pembacaan alat ukur dapat dilakukan dengan postur tubuh berdiri tegak. Dengan menggunakan metode REBA dapat diketahui nilai *score* turun dari *score* 6 (resiko sedang, membutuhkan perbaikan segera) menjadi *score* 1 (resiko dapat diabaikan) sehingga terbukti penggunaan alat rancangan dapat membuat postur pengguna lebih baik.

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position
 -1 (120°), -2 (90°), -2 (in extension)
 Step 1a. Adjust...
 If neck is twisted: -1
 If neck is side bending: -1
1 Neck Score

Step 2: Locate Trunk Position
 -1 (15°), -2 (30°), -3 (45°), -4 (60°), -4 (90°)
 Step 2a. Adjust...
 If trunk is twisted: -1
 If trunk is side bending: -1
1 Trunk Score

Step 3: Legs
 -1, -2, Adjust: 10-60°, +60°
 Add +1, Add +2
1 Leg Score

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
 Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A
1 Posture Score A

Step 5: Add Force/Load Score
 If load: 11 lbs: -0
 If load 11 to 22 lbs: -1
 If load: 22 lbs: -2
 Adjust: If shock or rapid build up of force: add -1
0 Force/Load Score

Step 6: Score A, Find Row in Table C
 Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A.
 Find Row in Table C.
1 Score A

SCORES

Table A: Neck

	1			2			3						
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Table B: Lower Arm

	1		2				
Wrist	1	2	3	1	2	3	
Upper Arm Score	1	1	2	3	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	7	8	7	8	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Table C: Score B, (table B value + coupling score)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
5	4	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Step 7: Locate Upper Arm Position:
 -1 (10°), -2 (20°), -2 (30°), -3 (45-90°), -4 (90°)
 Step 7a. Adjust...
 If shoulder is raised: -1
 If upper arm is abducted: -1
 If arm is supported or person is leaning: -1
1 Upper Arm Score

Step 8: Locate Lower Arm Position:
 -1 (10°), -2 (15°), -2 (20°), -2 (30°), -2 (45°), -2 (60°), -2 (75°), -2 (90°)
1 Lower Arm Score

Step 9: Locate Wrist Position:
 +1 (10°), -2 (15°), -2 (20°), -2 (30°), -2 (45°), -2 (60°), -2 (75°), -2 (90°)
 Step 9a. Adjust...
 If wrist is bent from midline or twisted: Add -1
1 Wrist Score

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
 Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B
1 Posture Score B

Step 11: Add Coupling Score
 Well fitting Handle and mid rang power grip: *good*: -0
 Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part: *fair*: -1
 Hand hold not acceptable but possible: *poor*: +2
 No handles, awkward, unsafe with any body part: *Unacceptable*: +3
0 Coupling Score

Step 12: Score B, Find Column in Table C
 Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.
1 Score B

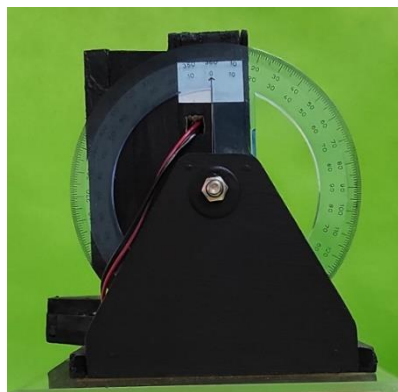
Step 13: Activity Score
 -1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
 -1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
 -1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base
1 Activity Score

Final REBA Score
 Table C Score (1) + Activity Score (0) = **1**

Scoring:
 1 = negligible risk
 2 or 3 = low risk, change may be needed
 4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon
 8 to 10 = high risk, investigate and implement change
 11+ = very high risk, implement change

Gambar 18. Analisis REBA kondisi usulan

Display dirancang dengan posisi kemiringan yang dapat disesuaikan dengan keinginan pengguna (dapat berputar 360°). Pada bagian samping *display* terdapat busur derajat sehingga pengguna dapat dengan mudah menyesuaikan kemiringan *display* supaya dirasa nyaman untuk dibaca. Alat pengukur ketinggian air sudah memiliki pelindung sehingga resiko komponen listrik terkena percikan air menjadi kecil.



Gambar 19. Sudut kemiringan layar display

Bagian alas lebarnya dirancang secara *adjustable* sehingga dapat digunakan pada berbagai tempat yang memiliki lebar maksimum 148 cm. Pada bagian depan dan belakang alas terdapat lubang sepanjang 60 cm. Lubang ini berfungsi untuk tempat meletakkan baut sehingga baut dapat digeser sesuai keinginan untuk menyesuaikan lebar alas yang dibutuhkan. Pada bagian depan dan belakang masing-masing terdapat 2 buah baut. Baut berfungsi sebagai penahan agar alas dapat menopang bagian *display* dengan baik.

Santoso (2006) menyatakan bahwa beban angkat maksimal untuk mahasiswi pada posisi bahu-jangkau dengan frekuensi 2 kali/menit sebesar 10,755 kg (standar deviasi 0,513). Semakin sedikit frekuensi pengangkatan per menit maka berat yang bisa ditanggung akan semakin besar. Pada kenyataannya, apabila terjadi perpindahan, maka frekuensi perpindahan maksimum 1 kali/menit. Berat total alat pengukur ketinggian air rancangan ini (*display* dan alas) yaitu 6 kg. Dengan demikian beratnya masih jauh lebih ringan dibandingkan dengan beban angkat maksimal, sehingga alat pengukur ketinggian air rancangan ini relatif cukup memadai apabila hendak diangkat untuk dipindahkan.

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini bisa ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Alat pengukur ketinggian air yang digunakan saat ini masih belum efektif karena sulit dibaca sehingga hasil pengukuran kurang akurat.
2. Rancangan alat pengukur ketinggian air elektronik yang ada saat ini belum memiliki penutup sehingga rentan terkena percikan air, juga belum mempertimbangkan aspek ergonomi karena pengguna harus membungkuk dan menajamkan penglihatan ketika melakukan pembacaan alat ukur. Hal ini menyebabkan postur pengguna menjadi tidak baik, terbukti dari hasil analisis postur menggunakan metode REBA diperoleh skor 6 yang berarti dibutuhkan tindakan perbaikan.
3. Rancangan alat pengukur ketinggian air yang diusulkan sudah ergonomis karena sudah mempertimbangkan postur pengguna ketika melakukan pembacaan alat ukur. Terbukti dari hasil analisis postur menggunakan metode REBA diperoleh skor 1 yang artinya resiko dapat diabaikan. Rancangan alat pengukur ketinggian air dilengkapi dengan penutup sehingga resiko komponen listrik terkena percikan air menjadi lebih kecil. Ukuran huruf dan kejelasan *display* juga sudah dipertimbangkan dalam rancangan sehingga pembacaan *display* lebih akurat. Selain itu bahan yang digunakan, kekokohan, kemudahan perpindahan, dan aspek keamanannya pun lebih terjamin.

5. Daftar Pustaka

Afdali, M., Daud, M. dan Putri, R. (2018) 'Perancangan alat ukur digital untuk tinggi dan berat badan dengan output suara berbasis Arduino Uno', *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 5(1), hal. 106–118. Tersedia pada: <https://doi.org/10.26760/elkomika.v5i1.106>.

Andrianto, H. dan Darmawan, A. (2017) *Arduino belajar cepat dan pemrograman*. 2nd edn. Bandung: Informatika.

Bush, P.M. (2012) *Ergonomics: foundational principles, applications, and technologies*. New York: CRC Press.

Guastello, S.J. (2014) *Human factors engineering and ergonomics: a systems approach*. 2nd edn. New York: CRC Press.

Handayani, I., Setiadi A dan Iman, F.N. (2019) 'Alat pengukur ketinggian air berbasis microcontroller sebagai peringatan banjir dengan notification', *Technomedia Journal*, 4(1), hal. 84–97. Tersedia pada: <https://doi.org/10.33050/tmj.v4i1.896>.

- Hutabarat, Y. (2017) *Dasar-dasar pengetahuan ergonomi*. Malang: Media Nusa Creative.
- Iridiastadi, H. dan Yassierli (2014) *Ergonomi: suatu pengantar*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Missa, I.K., Lapono, L.A. dan Wahid, A. (2018) 'Rancang bangun alat pasang surut air laut berbasis Arduino Uno dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04', *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 3(2), hal. 102–105. Tersedia pada: <https://doi.org/10.35508/fisa.v3i2.609>.
- Rezki, M.A.. dkk. (2019) 'Pemanfaatan air larutan garam sebagai kabel penghantar listrik pengganti tembaga', *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, 01(02), hal. 64–72. Tersedia pada: <https://doi.org/10.12928/biste.v1i2.884>.
- Santoso, D. (2006) 'Kapasitas angkat beban untuk pekerja Indonesia', *Jurnal Teknik Industri*, 8(2), hal. 148–155. Tersedia pada: <https://doi.org/10.9744/jti.8.2.pp.148-155>.
- Saro, F.S., Sompie, S.R. dan Allo, E.K. (2018) 'Rancang bangun alat simulasi latihan menembak berbasis Arduino Uno', *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 7(3), hal. 315–322.
- Susanti, L., Zadry, H.R. dan Yuliandra, B. (2015) *Pengantar ergonomi industri*. Padang: Andalas University Press.
- Susilo, V., Poekoel, V.C. dan Manembu, P.D.K. (2015) 'Rancang bangun sistem pengukuran kedalaman sungai', *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 4(4), hal. 1–6.
- Tallar, R.Y. dkk. (2021) 'Validasi alat ukur taraf muka air digital sederhana untuk saluran irigasi', *Jurnal Teknik Sipil*, 17(1), hal. 30–40. Tersedia pada: <https://doi.org/10.28932/jts.v17i1.3122>.
- Ulrich, K.T., Eppinger, S.D. dan Yang, M. (2020) *Product design and development*. 7th edn. New York: McGraw Hill.
- Wahyudi, A.E., Rohmah, R.N. dan Prasetya, D.A. (2015) *Perancangan dan pembuatan alat ukur jarak digital berbasis Arduino menggunakan sensor rotary encoder*, *Disertasi doctoral*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Weimer, J. (1993) *Handbook of ergonomic and human factors tables*. New York: Pearson.
- Yassierli dkk. (2020) 'Ergonomi Industri', in P. Latifah (ed.). Bandung: Remaja Rosdakarya.

6. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Universitas Kristen Maranatha yang telah mendanai penelitian ini. Terima kasih juga kami ucapkan kepada para responden yang telah membantu dalam pengumpulan data sehingga penelitian ini bisa dilaksanakan.