

l LAPORAN AKHIR
DESAIN PROYEK TEKNIK ELEKTRO KELOMPOK 2.9



INTEGRATED WATER DEPTH MONITORING SYSTEM WITH IOT BASED
(WaterDSlytics : Water Deep System Analytics)

Disusun Oleh:

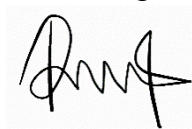
Andreas Anugerah Pitoyo	(2006523584)
Bima Adinata Namara	(2006574566)
Ivan Hans Gilbert Sihotang	(2006574805)
Rifqi Annas Albasyahri	(2006574370)

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS INDONESIA
JANUARI 2024


HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Desain Proyek : Integrated Water Depth Monitoring System With IoT Based (WaterDSlytics : Water Deep System Analytics)
2. Jenis Dokumen : Laporan Akhir Desain Proyek Teknik Elektro
3. Nomor Registrasi : -
4. Nomor Revisi : -
5. Tanggal : 05 Januari 2024
6. Ketua Tim
 - a. Nama Lengkap : Rifqi Annas Albasyahri
 - b. NPM : 2006574370
 - c. Prodi – Peminatan : Teknik Elektro - Tenaga Listrik
 - d. Telp – Email : 6285817003890


Tanda Tangan


7. Anggota 1
 - a. Nama Lengkap : Andreas Anugerah Pitoyo
 - b. NPM : 2006523584
 - c. Prodi – Peminatan : Teknik Elektro – Tenaga Listrik
 - d. Telp – Email : 6281906793920


Tanda Tangan


8. Anggota 2
 - a. Nama Lengkap : Ivan Hans Gilbert Sihotang
 - b. NPM : 2006574805
 - c. Prodi – Peminatan : Teknik Elektro – Tenaga Listrik
 - d. Telp – Email : 6282183315369

Tanda Tangan


9. Anggota 3
 - a. Nama Lengkap : Bima Adinata Namara
 - b. NPM : 2006574566
 - c. Prodi – Peminatan : Teknik Elektro – Tenaga Listrik
 - d. Telp – Email : 6285334578975

Tanda Tangan



ABSTRAK

Seiring bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia, permintaan terhadap air bersih pastinya akan meningkat. Dalam hal ini, dibutuhkan adanya sistem yang dapat secara efektif dan akurat memantau tingkat kedalaman air tanah. Oleh karena itu, sistem monitoring kedalaman air tanah menjadi krusial dalam menjaga dan memastikan ketersediaan air yang memadai. Proyek ini memiliki tujuan untuk mengembangkan dan mengimplemetasikan sistem monitoring kedalaman air tanah yang memiliki kemampuan untuk memberikan informasi secara *real time* melalui server website mengenai perubahan tingkat kedalaman air tanah dengan akurat. Dalam proyek ini, terdapat beberapa cakupan mengenai pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras akan terdiri dari ESP32 *master-slave*, aki kering 12V 7AH, baterai 18650, sensor akselerasi, motor stepper dan driver motor, sistem mekanikal katrol, benang gulungan, buck converter, dan pengecasan baterai. Selain perangkat keras, kami juga akan menggunakan framework ESPUI/s00500, domain namecheap dengan hosting ESP32 sebagai website yang akan mendapatkan data dari perangkat kerasnya. Data yang akan disajikan nantinya dapat dalam bentuk grafik atau suatu value yang ditampilkan pada website. Sistem monitoring kedalaman ini akan memiliki kerja layaknya katrol yaitu motor stepper yang diletakan diatas akan meluncurkan setiap 30 menit sekali satu sistem yang menggunakan sensor IMU9250, baterai, dan casing ke dalam salah satu sumur FT yang memiliki kedalaman 50 meter. Sensor yang juga telah terintegrasi degan sensor air ini juga akan memberikan data jaraknya ke sensor ESP *master* yang berada diatas untuk dilakukan penyimpanan data apabila telah menyentuh permukaan air dari kolam. Manfaat dari proyek sistem monitoring kedalaman air tanah di FTUI ini merupakan langkah awal sumber dasar informasi ketersediaan air tanah di FTUI dan memberikan indikator kampus hijau dengan salah satu parameter ketersediaan air tanahnya. Pengimplementasian sistem monitoring ini akan membuat Fakultas Teknik Universitas Indonesia dapat mengaplikasikan strategi penghematan air dalam upaya untuk memberikan efektivitas dan efisiensi dari penggunaan air.

Kata Kunci: Internet of Things, Kedalaman Air Tanah, Sistem Monitoring

ABSTRACT

As the population in Indonesia grows, the demand for clean water will inevitably increase. In this case, there is a need for a system that can effectively and accurately monitor the level of groundwater depth. Therefore, a groundwater depth monitoring system is crucial in maintaining and ensuring adequate water availability. This project aims to develop and implement a groundwater depth monitoring system that has the ability to provide real time information through a web server about changes in groundwater depth levels accurately. In this project, there are several scopes regarding the development of hardware and software. The hardware will consist of ESP32 master-slave, 12V 7AH dry battery, 18650 battery, acceleration sensor, stepper motor and motor driver, pulley mechanical system, reel thread, buck converter, and battery charger. In addition to the hardware, we will also use the ESPUI/s00500 framework, namecheap domain with ESP32 hosting as a website that will get data from the hardware. The data that will be presented later can be in the form of a graph or a value displayed on the website. This depth monitoring system will work like a pulley, namely a stepper motor placed above will launch once every 30 minutes a system that uses an IMU9250 sensor, battery, and casing into one of the FT wells which has a depth of 50 meters. The sensor, which has also been integrated with the water sensor, will also provide distance data to the ESP master sensor above for data storage when it touches the water surface of the pond. The benefits of this groundwater depth monitoring system project at FTUI are the first step in the basic source of information on groundwater availability at FTUI and provides an indicator of a green campus with one of its groundwater availability parameters. The implementation of this monitoring system will enable the Faculty of Engineering, University of Indonesia to apply water saving strategies in an effort to provide effectiveness and efficiency of water usage.

Key Word: Internet of Things, Groundwater Depth, Monitoring System

CATATAN REVISI

Terdapat beberapa revisi pada proyek akhir kami. Revisi ini lebih menekankan pada tahap pembuatan proposal sebelumnya, yaitu:

1. Proposal 1

Dalam pembuatan proposal ini, kelompok kami masih menggunakan sensor kecepatan.

2. Proposal 2

Penggunaan sensor TDS dalam melakukan pengukuran jarak kedalaman ditemukannya air tanah.

3. Proposal 3

Penyempurnaan TDS paket sinkronisasi unit pada master maupun slave agar hasil yang diperoleh menjadi lebih akurat.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	2
ABSTRAK.....	3
ABSTRACT.....	4
CATATAN REVISI.....	5
DAFTAR ISI.....	6
BAB 1 PENDAHULUAN	7
1.1. Rumusan Masalah	7
1.2. Kendala Realistis.....	7
BAB 2 KOMPLEKSITAS MASALAH.....	9
2.1. Deskripsi Masalah	9
BAB 3 STUDI LITERATUR.....	10
3.1. Literatur 1 (Konsep tekanan : <i>Pressure Transducer Transmitter</i>).....	10
3.2. Literatur 2 (Konsep Sonar atau Pemantulan Gelombang Ultrasonik).....	11
3.3. Literatur 3 (Konsep Laser Lidar)	12
3.4. Literatur 4 (Konsep Cadangan)	12
BAB 4 VALIDASI SISTEM	14
4.1. Rumusan Solusi Baru	14
4.2. Perhitungan Ilmiah	16
4.3. Perancangan Sistem.....	19
4.4. Implementasi Pengerjaan Proyek	30
4.5. Anggota Tim dan Tanggung Jawab	36
4.6. Anggaran Biaya	38
4.7. Target Kinerja dan Hasil.....	39
4.8. Rancangan Pengujian	39
4.9. Hasil Pengujian	40
4.10. Validasi Sistem	43
BAB 5 KESIMPULAN	45
DAFTAR PUSTAKA	46

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Rumusan Masalah

1. Terdapat banyak opsi sensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi kedalaman air tanah, tetapi banyak yang tidak mampu sampai dengan tingkat kedalaman air tanah ini, bagaimana perancangan sistem yang digunakan pada pembuatan sistem monitoring ini?
2. Sistem monitoring kedalaman air tanah merupakan sistem monitoring yang dilakukan pada kedalaman yang cukup dalam yaitu normalnya pada kedalaman 50 meter, bagaimana cara kerja dari sistem monitoring kedalaman air tanah ini dan apa yang saja yang harus dipertimbangkan dalam pembuatan dan pengimplementasiannya?
3. Terdapat beberapa batasan baik dari segi teknis maupun dari segi nonteknis yang membuat proyek ini dimungkinkan dapat mengalami gangguan dan hambatan, bagaimana solusi dan mitigasi dalam proses pembuatan sistem monitoring untuk memastikan tetap berjalan sesuai dengan standar dan kualitas yang baik?

1.2. Kendala Realistis

Kendala dalam pengerjaan proyek biasanya bervariasi tergantung pada jenis proyek yang akan dikerjakan. Berikut ini terdapat beberapa kendala realistis yang dihadapi dalam pengerjaan proyek WaterDSlytics, yaitu:

1. Sumur Yang Tersedia Tidak Terlalu Banyak

Jumlah sumur yang terletak di Fakultas Teknik sangat terbatas karena beberapa sumur di Fakultas Teknik akan digunakan untuk keperluan lainnya yang mana didalam sumur tersebut akan dilengkapi dengan jaringan pipa yang saling terhubung satu sama lain. Oleh karena itulah, pemilihan sumur untuk keperluan uji proyek ini harus dilakukan dengan hati-hati mengingat adanya kemungkinan gangguan akibat pipa yang menghalangi botol hingga sampai menuju permukaan air ketika hendak diulur. Dari sinilah diperlukan kebijaksanaan dalam pemilihan sumur tidak digunakan agar hasil pengujian menjadi lebih akurat dan tidak terhalang oleh struktur pipa di dalam sumur yang biasanya digunakan untuk keperluan lainnya.

2. Area Pengujian Proyek Terdapat Banyak Sekali Gangguan

Gangguan sering muncul di luar sumur, terutama ketika melakukan pengujian proyek pada sumur yang tidak terpakai. Keberadaan banyak nyamuk yang menyerbu di area tersebut diperparah oleh kondisi yang sangat gelap dan minim penerangan sangat mengganggu sekali saat proses pelaksanaan pengujian proyek akhir. Selain itu, terdapat banyak kotoran berserakan di sekitar area luar sumur. Oleh karena itulah, diperlukan pembersihan rutin agar proses pengujian dapat berlangsung dengan nyaman. Upaya pemeliharaan dan penataan area sekitar sumur menjadi penting agar lingkungan tersebut mendukung kelancaran pelaksanaan pengujian proyek.

3. Kedalaman Sumur Bervariasi

Kedalaman sumur, yang mencapai variasi antara 20 hingga 50 meter, menjadi faktor penting dalam pelaksanaan pengujian. Proses penggulungan botol dari atas sumur hingga permukaan air sumur dapat terkendala oleh perbedaan kedalaman ini. Untuk memastikan keakuratan pengukuran dan keberhasilan pengambilan sampel diperlukan pencocokan kode kedalaman secara manual setiap kali melakukan pengukuran. Langkah manual ini menjadi esensial dalam memastikan bahwa data yang diperoleh mencerminkan kondisi sebenarnya di berbagai kedalaman sumur sehingga hasil pengujian memiliki tingkat keakuratan yang tinggi. Selain itu, pendekatan manual juga memungkinkan fleksibilitas dalam menanggapi variasi kondisi lapangan yang mungkin muncul selama proses pengukuran.

BAB 2

KOMPLEKSITAS MASALAH

2.1. Deskripsi Masalah

Dalam melakukan penelitian dan pengembangan tugas akhir mata kuliah “Desain Proyek Teknik Elektro 2”, kami melakukan studi literatur dan menemukan beberapa referensi terkait salah satunya berjudul “Lessons learned in developing a green environment at the Engineering Faculty, University of Indonesia”. Pada jurnal ini membahas tentang pembangunan infrastruktur pendukung yang diperlukan dalam mengatasi peluang dan tantangan untuk mewujudkan lingkungan hijau. Selain itu, jurnal ini juga dibahas mengenai ketersediaan dan kondisi sumber air tanah dalam proses pengolahan air limbah kantin menggunakan metode fitoremediasi. Hal ini dilakukan untuk mengatasi permasalahan kekeringan dan kesulitan dalam memperoleh air bersih yang ada di kampus Universitas Indonesia.

Oleh karena itu, kami melakukan berbagai macam pengamatan di beberapa area tertentu khususnya di dekat jembatan teksas (teknik-sastra) Universitas Indonesia. Dari pengamatan ini, kami menemukan bahwa terdapat beberapa sumur yang sudah dibangun dan digali sebagai implementasi dari pengembangan infrastruktur pada jurnal referensi yang pernah kita baca diatas. Sumur tersebut ada 5 buah yaitu DB01, DB02, DB03, DB04, DB05 yang peletakkannya tersebar pada beberapa tempur di area FTUI. Kami membuat hipotesis bahwa sumur galian ini pastinya terdapat sumber mata air bersih, tetapi belum dapat mengetahui berapa tingkat kedalamannya. Tingkat kedalaman sumber mata air bersih ini pastinya bergantung pada beberapa kondisi tertentu seperti curah hujan yang tinggi, musim kemarau yang berkepanjangan, dan masih banyak lagi.

Dari permasalahan yang tercipta, kami memiliki inovasi untuk membangun dan mengembangkan proyek di salah satu sumur yang ada di FTUI. Akan tetapi karena terdapat keterbatasan dalam penggunaan akses pada setiap sumur, kami memutuskan untuk melakukan kegiatan monitoring pada sumur yang terletak pada sekitar ICELL secara *real-time* baik secara langsung maupun secara jarak jauh. Dengan adanya sistem monitoring ini, kami berharap warga Fakultas Teknik Universitas Indonesia dapat secara kontinu menggunakan air bersih dengan mengetahui kedalaman air tanah yang tersedia.

BAB 3

STUDI LITERATUR

3.1. Literatur 1 (Konsep tekanan : *Pressure Transducer Transmitter*)

Berdasarkan jurnal *Lesson learned in developing a green environment at the Engineering Faculty, University of Indonesia* yang meneliti dan membahas kedalaman *ground water* di Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan diterbitkan pada 2017 silam, diketahui cara mendeteksi kedalaman *ground water* dengan menggunakan sensor piezometer yang dimasukkan ke dalam pipa sumur observasi (*groundwater wells*). Sensor ini akan mendeteksi tekanan air pori tanah, dari situ bisa diolah menjadi kedalaman ditemukannya air tanah. Sensor piezometer ini mempunyai subsensor *pressure transducer transmitter* di bagian mulut bawah tabung piezometer yang berfungsi mencari nilai tekanan. Dengan formula $P = \rho \cdot g \cdot h$, maka $h = \frac{P}{\rho \cdot g}$. Nilai gravitasi konstan adalah $9,81 \text{ m/s}^2$, sedangkan massa jenis air dianggap sudah diketahui, sehingga nilai P yang terbaca oleh piezometer bisa menemukan ketinggian atau kedalaman pertama kali ditemukannya air (*groundwater table*).

Berdasarkan penelitian selama hampir 1 tahun, diketahui tinggi kedalaman terendah adalah meter, sedangkan tinggi kedalaman terdalam adalah meter, sehingga mediannya 40,5 meter. Berdasarkan data dari jurnal yang membuat plot grafik sampai kedalaman 50 meter, dapat diasumsikan kedalaman sumur air mencapai 50 meter. Oleh karena itu dibutuhkan sensor piezometer yang dapat mendeteksi kedalaman hingga 50 meter. Pada *marketplace*, sensor piezometer yang tersedia adalah piezometer dip meter water level sensor seharga 18,5 juta rupiah yang memiliki spesifikasi pendeteksian kedalaman hingga 100 meter. Alternatif lainnya dengan piezometer RS485 seharga 13,6 juta rupiah dengan spesifikasi pendeteksian kedalaman sampai 50 meter. Adapun solusi di atas merupakan sensor untuk kelas industri dengan akurasi yang tinggi, mampu monitoring berkelanjutan, dan tahan lama (anti korosif), namun biaya yang dibutuhkan sangat tinggi dan di luar budget proyek.

Terdapat juga solusi manual dengan menggunakan *water level dip* sensor seharga 4 juta rupiah, bekerja dengan cara mengulur tali sensor sampai sensornya menyentuh air, kemudian buzzer akan berbunyi dan pada tali sensor sudah terdapat ukuran meteran kedalaman. Adapun hal ini harus dilakukan secara manual dan tidak bisa diintegrasikan dengan sistem, serta harganya mahal di luar budget proyek. Solusi lainnya, dengan mencari sensor pengukur tekanan (*pressure transducer transmitter*) dengan harga yang lebih murah. Untuk spesifikasi, dibutuhkan sensor dengan rentang tekanan di atas 5 bar atau 500 kPa karena pada kedalaman

50 meter di mana sensor ini diletakkan, tekanannya sekitar 500 kPA. Pada marketplace, terdapat sensor *pressure transducer transmitter* submersible seharga 1,8 juta rupiah yang spesifikasinya hingga kedalaman 500 meter dan sudah anti korosi, akan tetapi untuk kabel komunikasinya harus didesain sistem transmisinya lebih lanjut karena pada jarak 50 meter, tegangan yang ditransmisikan akan jatuh, begitu juga dengan hasil pembacaan output analog dari sensor yang akan jatuh, sehingga hasilnya tidak akurat, alat ini didesain untuk ditaruh di dasar sumur beserta perangkat mikrokontroller, sehingga hasil pembacaan output bisa diolah langsung oleh mikrokontroller yang ada di dekatnya. Hasil output dari sensor ini tidak bisa dikirim ke mikrokontroller yang jaraknya jauh (dalam hal ini, proyek deteksi air butuh jarak 50 meter antara mikrokontroller dengan sensor yang diletakkan di dasar sumur) karena hasil output data akan rusak (data tidak jelas). Selain itu, harganya yang mahal membuat sensor ini sulit dipertimbangkan.

Terakhir, terdapat sensor *transmitter transducer* dengan rentang spesifikasi hingga 12 bar seharga 164 ribu rupiah, namun sensor ini rentan korosi, selain itu pengiriman datanya tidak bisa 50 meter (sama seperti sensor di atas). Sehingga, harus dipertimbangkan kembali cara untuk mengirimkan data output sensor ke permukaan. Sebenarnya bisa dengan sistem katrol tarik dan ulur, yaitu mengulur paket sensor dan mikrokontroller yang sudah dipaketkan (tahan air) ke dasar sumur, berarti dengan pemberat tambahan agar pakatnya dapat tenggelam, kemudian ketika sensor sudah berada di dasar, maka data output tekanan paling tinggi diambil dan disimpan, lalu katrol menarik paket ke permukaan. Kemudian mikrokontroller dalam paket mengirim data tersebut ke mikrokontroller lain yang bertugas mengolah data tekanan dan mengunggahnya ke website. Akan tetapi skema ini sangat boros daya terutama di bagian motor stepper yang harus mengulur dan mengangkat beban paket yang lumayan berat (karena menggunakan tambahan pemberat agar tenggelam), sehingga penyimpanan dayanya harus besar juga.

3.2. Literatur 2 (Konsep Sonar atau Pemantulan Gelombang Ultrasonik)

Berdasarkan observasi melalui media youtube, beberapa sumber memberikan contoh pengukuran kedalaman ditemukannya air melalui sensor pemantul gelombang ultrasonik. Prinsipnya, terdapat sensor yang terdiri dari *transmitter* dan *receiver* gelombang. Transmitter akan mengirimkan gelombang, jika terdapat halangan atau medium (dalam hal ini permukaan air), akan mengakibatkan gelombang tersebut memantul kembali ke arah sumber. Receiver kemudian akan menerima gelombang yang telah terpantul. Dengan menggunakan formula $S =$

$\frac{v \cdot t}{2}$, dengan kecepatan gelombang ultrasonik diketahui 330 m/s, dan receiver sensor dapat mengukur waktu selisih penerimaan dan pengiriman gelombang, maka bisa didapat jarak (s) dari kedalaman.

Jika diasumsikan sumur memiliki kedalaman 50 meter, maka sensor pemantul gelombang tersebut harus punya spesifikasi jarak di atas 50 meter dan harus bersertifikasi IP67. Akan tetapi, di *marketplace* tidak ada sensor yang bisa mendeteksi hingga jarak di atas 50 meter. Adapun jarak maksimal hanya sampai 7,5 meter dan sudah bersertifikasi IP67 oleh sensor A01ANYUB seharga 441 ribu rupiah. Jarak 7,5 meter tidak bisa mendeteksi air dengan kedalaman hingga 50 meter, sehingga sensor ini harus dibantu benang yang diulur ke bawah sampai sensor ini mendeteksi air (tentu saja jarak sensor harus < 7,5 meter dari permukaan air). Tetapi, ada tantangan baru yaitu bagaimana sumber tegangan untuk modul ini serta pembacaan outputnya karena bentangan benang diperkirakan bisa mencapai 45 meter (kabelnya juga harus 45 meter), dapat mengakibatkan tegangan jatuh dan hasil output yang tidak jelas. Oleh karena itu, harus dibuat sistem paket berisi mikrokontroller dan sensor ini beserta baterai yang akan diulur sampai dekat dengan permukaan air sumur, kemudian hasil pembacaan sensor harus bisa dikirim ke mikrokontroller yang ada di atas permukaan tanah. Dibutuhkan antenna dan sistem LoRa agar komunikasi bisa berjalan dengan baik, tetapi berisiko mengalami atenuasi karena berada di bawah tanah dan saat cuaca buruk seperti hujan maka alat sulit bekerja. Bisa juga dengan komunikasi antara kabel LAN 45 meter dari paket mikrokontroller bawah dengan mikrokontroller di atas, tetapi harus dipastikan bahan LAN yang robust (tahan air), serta sistem katrol yang adaptif terhadap pembacaan output, sehingga harus dipastikan katrol ini dapat mengulur dengan benar serta sensor tidak boleh menyentuh air (bisa rusak).

3.3. Literatur 3 (Konsep Laser Lidar)

Sensor laser dapat digunakan untuk mengukur jarak. Dalam hal ini sensor laser berupa Lidar akan diarahkan ke dalam sumur, kemudian didapatkan pembacaan output kedalaman permukaan air sumur. Dibutuhkan Lidar yang dapat membaca sampai 50 meter. Akan tetapi di *marketplace*, Lidar yang mampu mendeteksi sampai jarak 50 meter harganya 7,5 juta rupiah. Harganya yang sangat mahal dan di luar budget proyek membuat sensor ini tidak masuk dalam pertimbangan.

3.4. Literatur 4 (Konsep Cadangan)

Dengan **plan A** menggunakan sensor GY6050. Maka, berikut ini merupakan rencana cadangan jika pengukuran dengan sensor IMU GY9250 atau GY6050 tidak akurat atau sistemnya gagal mendeteksi kedalaman.

Plan B berupa meminjam sensor tekanan yang dahulu pernah digunakan pihak peneliti jurnal (departement), di mana kemungkinan sensornya ada banyak karena sumur yang diambil datanya juga banyak di satu waktu yang sama. Apabila sensor tekanan bisa dipinjam, maka akan pemakaian dana akan lebih hemat, serta akurasi akan lebih akurat karena sensor tekanan dapat membandingkan tekanan referensi di titik daratan (ground 0 meter) terhadap titik di mana air berada, dengan pengolahan rumus, seperti yang sudah diulas di bagian literatur 1.

Plan C berupa mengganti sensor akselerasi dengan sensor ultrasonik, di mana jarak maksimumnya hanya 7,5 meter. Maka konfigurasi tarik-ulur harus disesuaikan agar sensor ultrasonik tidak tenggelam ke dalam sumur.

Plan D merupakan rencana cadangan terakhir, dipakai jika ketiga opsi di atas sulit dalam pengimplementasiannya. Plan D akan menggunakan sensor yang dapat mendeteksi air, seperti sensor air hujan atau sensor kualitas air (TDS). Ketika motor stepper mulai mengulur, esp master akan memberi sinyal ke esp slave untuk berhitung mulai dari 0 detik, kemudian ketika esp slave mendeteksi atau menyentuh air oleh sensor pendeteksi air, esp slave akan berhenti berhitung. Waktu penghitungan atau waktu yang dibutuhkan sejak penguluran dimulai sampai pake slave menyentuh air akan dikalikan dengan kecepatan putar dari pengulur motor stepper, hasilnya adalah jarak tempuh dari atas sampai dengan air (kedalaman sumur).

BAB 4

VALIDASI SISTEM

4.1. Rumusan Solusi Baru

Untuk bisa menemukan kedalaman air tanah pada sumur FTUI dan melaporkannya secara real-time, maka proyek ini menggunakan dua unit terpisah yang memiliki peran masing-masing. Unitnya adalah unit master yang bertugas menentukan motor stepper untuk berputar dan menentukan kapan unit slave memulai counter penghitungan waktu. Unit lainnya adalah unit slave yang bertugas menghitung counter waktu sampai dideteksinya air sumur, lalu mengalikan waktu dengan kecepatan konstan 0,345m/s untuk mendapatkan kedalaman sumur, kemudian mengupload data kedalaman ke website.

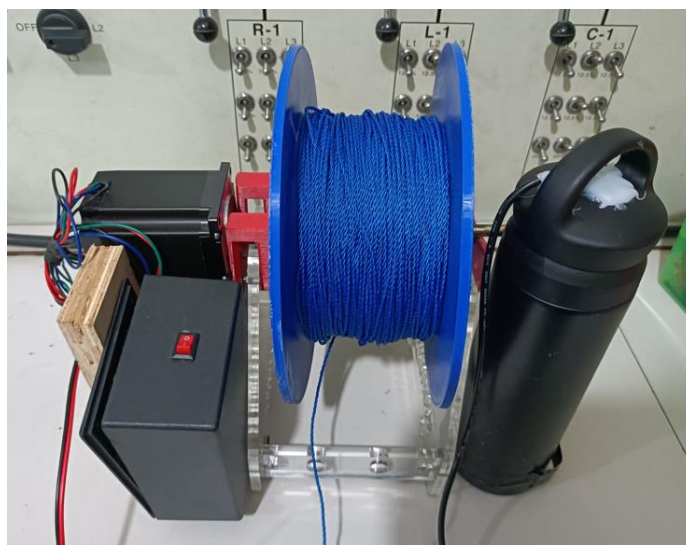
Adapun kedua unit sudah ditenagai baterai dan aki, sehingga bisa digunakan tanpa sumber tegangan dari colokan konvensional. Ini membuat alat pendeteksi sumur ini bisa digunakan di tempat yang tidak ada akses listriknya. Untuk unit master, bisa dilakukan pengoperasian sekitar 19 kali. Sementara unit slave bisa beroperasi sebanyak 139 kali. Dalam hal ini, unit master harus lebih sering melakukan pengisian daya pada aki karena digunakan motor stepper yang besar. Namun, untuk siklus hidupnya, unit master bisa mencapai 200 kali siklus pengisian ulang, sehingga jika 1 hari mencari 2 data kedalaman, unit master bisa dipakai optimal sampai 5 tahun, sedangkan unit slavenya bisa jauh lebih lama lagi. Dalam pengoperasian unit slave, digunakan perangkat smartphone untuk mengatur wifi atau hotspot yang akan terhubung ke unit slave agar hasil data kedalaman bisa diunggah oleh unit slave ke website.

Untuk pengoperasiannya, tergolong mudah, pengguna hanya perlu menyalakan hotspot dari smartphone, lalu menekan tombol saklar ke ON pada unit master, dengan begitu alatnya langsung mengulur tali ke bawah, lalu menarik kembali ke atas. Sesudah unit slave sampai di atas, maka hotspot akan terhubung ke unit slave dan data akan diunggah ke website. Setelah menekan saklar, pengguna tinggal menunggu operasi pencarian data dan pengunggahan data ke website selesai, sehingga pengoperasiannya mudah.

Berdasarkan hasil literatur dan dari berbagai kendala realistik, dibutuhkan sinkronisasi yang tepat saat dimulainya penguluran dengan waktu di mana counter mulai menghitung, diusulkan solusi berupa penggunaan sistem pengoperan data sebagai bentuk perintah antara master dan slave menggunakan bluetooth dalam jarak dekat (hingga 1 atau 2 meter di awal) untuk sinkronisasi counter waktu di awal. Ini dilakukan karena tidak digunakan kabel sebagai

pengoperan data antara kedua unit. Jarak sumur yang bervariasi dari 20-50 meter tidak memungkinkan data terkirim dengan baik menggunakan kabel. Hal ini diakibatkan oleh fenomena jatuh tegangan yang mengacaukan nilai data oleh kabel yang panjang. Penggunaan bluetooth dan wifi jarak dekat (1-2 meter) juga dilakukan karena pada kedalaman sumur yang dalam, tidak memungkinkan melakukan komunikasi data melalui sistem wireless karena efek atenuasi sinyal dari lokasi sumur yang berada di dalam tanah, jarak yang jauh, pemantulan pipa yang panjang, serta penyerapan sinyal oleh air.

Adapun kecepatan penguluran dan penarikan unit slave oleh motor stepper dibuat konstan, yaitu 0,345 m/s. Ini agar unit slave tidak bergetar atau bertabrakan berkali-kali pada pipa bor sumur. Selain itu, penggulangan tali tambang kembali oleh sistem penggulang juga menjadi rapi. Terakhir, alasan utamanya agar kedalamannya semakin akurat karena semakin pelan kecepatan penguluran, berarti waktu yang diperlukan sampai ditemukan air semakin lama, sehingga jika ada error ketelitian waktu, tidak akan membuat hasil jarak kedalaman melenceng jauh dari nilai kedalaman yang sebenarnya.



Gambar 1. Rangkaian Sistem Water Deep System Analytics

Berdasarkan alat yang kami rancang, alat ini (untuk sekarang) bisa mendeteksi kedalaman air sampai dengan 60 meter karena tali tambang yang digulung sekitar 60 meter. Adapun ketersediaan tempat untuk penggulangan tali masih banyak jika dilihat dari tali yang tergulung di sistem penggulang. Sehingga, diperkirakan alat ini bisa mendeteksi kedalaman air sampai 150 meter jika talinya diperpanjang. Dengan biaya sekitar 2 juta rupiah namun alat ini sudah bisa mendeteksi kedalaman dari 60 meter (default) sampai 150 meter, maka alat ini

tergolong jauh lebih kompetitif dibandingkan alat pendeteksi kedalaman yang tersedia di pasar dengan harga sekitar 10 juta rupiah yang pendeteksian masih dengan pencatatan manual.

4.2. Perhitungan Ilmiah

Untuk perhitungan ilmiah, dibagi menjadi beberapa bagian. Secara umum, perhitungan ilmiah mencakup pembahasan rumus mencari kedalaman, penggunaan torsi, dan pemakaian energi.

Rumus Mencari Kedalaman

Untuk mencari kedalaman, digunakan rumus : $D = v \times t$ dengan D = distance atau jarak kedalaman ditemukannya air sumur; v = velocity atau kecepatan penguluran yang konstan sebesar 0,345 m/s, ini didapat dari putaran motor stepper yang sudah diatur berputar sebanyak 1 putaran penuh selama 1 detik, sehingga dengan diameter dalam penggulung 11mm, didapatkan keliling penggulung bagian dalam $k = \pi \times 2r = 3,14 \times 2 \times 5,5 \times 10^{-3} = 0,345m$, berarti kecepatannya menjadi 0,345 meter per detik.

; t = time (s) atau waktu yang didapat dari counter unit slave, saat motor stepper mengulur maka counter waktu dimulai, saat sensor tds mendeteksi air, maka counter waktu dihentikan dan didapatkan variabel t .

Penggunaan Torsi Beban

Untuk mencari torsi beban untuk mengangkat beban, dicari berat beban terlebih dahulu, lalu mengalikannya dengan jari-jari penggulung 3d print.

$F = m \times g$ dengan F = force atau gaya berat beban (newton) ; m = mass atau massa beban unit slave (yaitu 450 gram massa penggulung 3dprint dan shaft, serta 550 gram massa botol metal dan isi berupa mikrokontroller, stepdown, 2 baterai 18650, dan sensor tds, sehingga totalnya 1000 gram atau 1 kg) ; g = gravity atau gravitasi, sebesar $9,8 \text{ m/s}^2$.

Sehingga, $F = 1 \times 9,8 = 9,8 \text{ N}$.

Untuk torsi, $\tau = F \times r$ dengan τ = torque atau torsi beban (newton meter) ; F = force atau gaya berat beban (newton) sebesar 9,8 N; dan r adalah jari-jari penggulung 3dprint sebesar 55mm.

Sehingga, $\tau = 9,8 \times 55 \times 10^{-3} = 0,539 \text{ Nm}$ dan ini merupakan torsi beban yang diperlukan agar bebannya tertahan (holding torque), belum termasuk beban yang diulur ke bawah atau ditarik ke atas. Sehingga, dalam praktiknya, dibutuhkan torsi $> 0,539 \text{ Nm}$ agar beban bisa

terguling ke atas maupun terulur ke bawah. Diasumsikan penambahan torsi 30% dari beban torsi agar bebannya bisa ditarik atau diulur, sehingga torsi yang sebenarnya dibutuhkan sekitar $\frac{130}{100} \times 0,539 \text{ Nm} = 0,7 \text{ Nm}$.

Sebelumnya, kelompok kami menggunakan motor stepper nema17HS4401 yang torsiya 0,4 Nm dan hasilnya motor tidak sanggup mengulur ataupun menarik beban, pemilihan motor yang salah karena sebelumnya kami tidak menghitung berat sistem pengguling dan shaft sebagai komponen torsi beban. Sementara itu di marketplace, tidak ada motor stepper nema17 yang torsiya lebih dari 0,7 Nm dengan harga 200 ribu rupiah, sehingga dicari motor stepper nema23 yang torsiya lebih besar. Pada akhirnya, digunakan motor stepper nema 23 bertorsi 2,0 Nm seharga 230 ribu rupiah (paling terjangkau dengan kondisi yang masih prima), sehingga dipastikan beban bisa ditarik ataupun diulur.

Pemakaian Energi Master

Aktivitas master terbagi dari beberapa rangkaian kegiatan yang statenya tergantung kode.

Untuk aktivitas deploy penguluran : $E = V \times I \times t$, dengan V = voltage atau tegangan driver motor stepper TB6600 sebesar 12V; I = current atau arus deploy ulur sebesar 2A (sesuai pengaturan driver TB6600 S4S5S6-> OFF ON ON, current 2,5A/peak current2,7A, tetapi yang terhitung alat ukur amperemeter sebesar **2,0 A**), dan t = time atau waktu putaran selama 144 detik (sesuai pengaturan kode esp32 karena target sumur 50 meter).

$$\text{Sehingga, } E_{ulur} = 12 \times 2 \times \frac{144}{3600} = 0,96 \text{ Wh}$$

Untuk aktivitas penahanan beban torsi karena sensor tds harus dipastikan tercelup ke air selama beberapa saat : $E = V \times I \times t$, dengan voltage atau tegangan driver motor stepper TB6600 sebesar 12V; I = current atau arus torsi tahan sebesar 0,5A (hasil pengukuran amperemeter) dan t = time atau waktu menahan torsi beban selama 120 detik.

$$\text{Sehingga, } E_{tahan} = 12 \times 0,5 \times \frac{120}{3600} = 0,2 \text{ Wh}$$

Untuk aktivitas deploy penarikan atau penggulingan, sama saja dengan deploy penguluran, sehingga $E_{guling} = 0,96 \text{ Wh}$

Untuk penggunaan mikrokontroller selama 7 menit, $E_{mikon} = V \times I \times t$, dengan V = voltage atau tegangan esp32 sebesar 5V; I = current atau arus mikrokontroller diasumsikan sebesar 0,1

A ; dan t = time atau waktu mikrokontroller dinyalakan selama operasi pencarian data, yaitu 420 detik.

Sehingga, $E_{mikon} = 5 \times 0,1 \times \frac{420}{3600} = 0,058 Wh$, serta diasumsikan efisiensi buck converter step down sebesar 90%, maka $\frac{90}{100} E'_{mikon} = E_{mikon} \rightarrow E'_{mikon} = \frac{0,058 \times 100}{90} = 0,064 Wh$

Maka, untuk total sekali beroperasi pada unit master adalah $E_{totalmaster} = E_{ulur} + E_{tahan} + E_{gulung} + E'_{mikon} = 0,96 + 0,2 + 0,96 + 0,064 = 2,184 Wh$.

Aki Yuasa 12V, 7Ah memiliki kapasitas energi $E_{aki} = V \times I \times t$, dengan V = voltage atau tegangan aki di nominal 12V; I = current atau arus pengurasan sebesar 7 Ampere selama satu jam; t = time atau waktu pengurasan 1 jam.

Sehingga, $E_{aki} = 12 \times 7 \times 1 = 84 Wh$. Diasumsikan penggunaan aki hanya dari State Of Charge (SoC) 100%-50% saja, sehingga Depth of Discharge (DoD) 50%, membuat energi aki yang sesungguhnya boleh dipakai $E_{akipakai} = DoD \times E_{aki} = \frac{50}{100} \times 84 = 42 Wh$.

Dengan begitu, pemakaian unit master sampai harus diisi ulang kembali adalah

$$\frac{E_{akipakai}}{E_{totalmaster}} = \frac{42}{2,184} = \mathbf{19 \text{ kali}}$$

Pemakaian Energi Slave

Untuk aktivitas unit slave, berupa gabungan mikrokontroller esp32 dengan bluetooth yang menyala, kemudian wifi, serta sensor analog tds, $E_{slave} = V \times I \times t$, dengan V = voltage atau tegangan esp32 sebesar 5V; I = current atau arus yang dipakai esp32 sebesar 0,2 A oleh alat ukur amperemeter; dan t = time atau waktu slave beroperasi, sekitar 7 menit.

Sehingga, $E_{slave} = 5 \times 0,2 \times \frac{7}{60} = 0,117 Wh$, serta diasumsikan efisiensi boost converter step down sebesar 90%, maka $\frac{90}{100} E'_{slave} = E_{slave} \rightarrow E'_{slave} = \frac{0,117 \times 100}{90} = \mathbf{0,13 Wh}$ dan merupakan energi total yang dibutuhkan unit slave untuk sekali beroperasi.

Digunakan baterai panasonic 18650, 3,7V, 3,5Ah, dua buah diparalel memiliki kapasitas energi $E_{baterai} = V \times I \times t \times 2$, dengan V = voltage atau tegangan baterai di nominal 3,7V; I = current atau arus pengurasan sebesar 3,5 Ampere selama satu jam; t = time atau waktu pengurasan 1 jam.

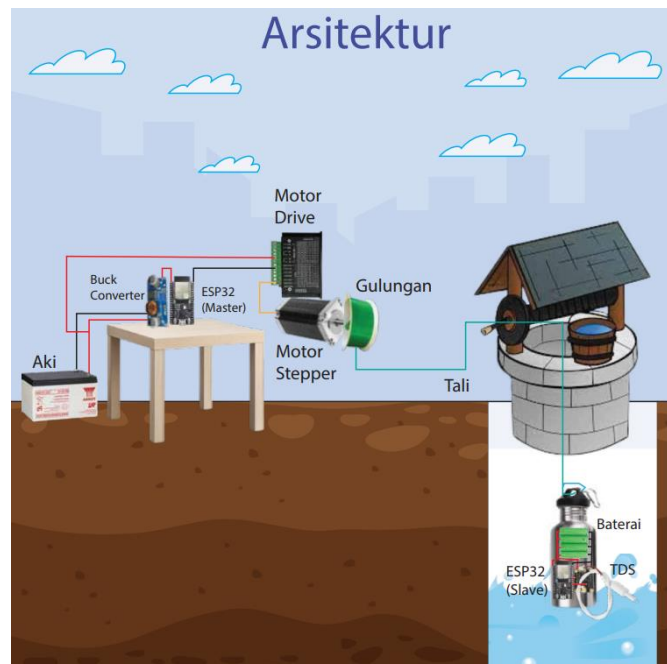
Sehingga, $E_{baterai} = 3,7 \times 3,5 \times 1 \times 2 = 25,9Wh$. Diasumsikan penggunaan aki hanya dari State Of Charge (SoC) 100%-30% saja, sehingga Depth of Discharge (DoD) 70%, membuat energi aki yang sesungguhnya boleh dipakai $E_{bateraipakai} = DoD \times E_{aki} = \frac{70}{100} \times 25,9 = 18,13 Wh$.

Dengan begitu, pemakaian unit slave sampai harus diisi ulang kembali adalah

$$\frac{E_{bateraipakai}}{E_{slave'}} = \frac{18,13}{0,13} = \mathbf{139 \text{ kali}}$$

4.3. Perancangan Sistem

Proyek ini mengembangkan alat pendeteksi kedalaman air sumur tanah secara real-time berbasis website. Dibekali dengan baterai dan aki pada sistem katrol untuk penggulangan dan penarikan sensor. Terdapat dua unit utama, unit master akan mengendalikan driver motor stepper, sehingga motor stepper bisa menggulung ataupun mengulur. Unit slave akan menghitung waktu atau sebagai counter yang dimulai saat motor stepper mengulur, lalu counter waktu dihentikan ketika sensor menyentuh air sumur. Waktu yang didapat counter akan dikalikan dengan kecepatan konstan 0,345 m/s yang sudah diatur pada motor stepper, sehingga didapatkan jarak kedalaman ditemukannya air tanah pada sumur. Variabel kedalaman yang tersimpan di unit slave nantinya akan diunggah ke website setelah unit slave tergulung ke atas dan tersambung dengan wifi. Untuk arsitektur sistem secara keseluruhan, seperti berikut ini :



Gambar 2. Arsitektur Sistem Mesin Pencari Kedalaman Air Sumur Real-time

Pemilihan Komponen Sistem

Pemilihan komponen untuk proyek ini dibatasi beberapa kriteria, yaitu : biaya maksimal yang ditanggung departemen maksimal 2 juta rupiah, selebihnya ditanggung sendiri ; alat proyek murah, mudah digunakan, bisa bekerja mencari kedalaman dan tertampil di website secara real-time ; bisa untuk pencarian data berkali-kali dan berulang. Berdasarkan kriteria tersebut dan melalui observasi marketplace dan studi literatur yang ada, maka berikut ini merupakan komponen-komponen yang kami pilih dalam proyek ini :

Motor Stepper Nema23 2.0 Nm dengan Driver Motor Stepper TB6600

Motor penggulung dan pengulur diharapkan dapat membawa beban 1 kg naik ke atas sumur ataupun diulur turun ke dalam sumur. Motor harus mampu melaju dengan kecepatan 0,345 m/s secara konstan. Torsi motor minimal 0,7 Nm berdasarkan perhitungan ilmiah yang sudah dihitung di bagian sebelumnya.



Gambar 3. Motor Driver Stepper

Motor ini memiliki 2 phase, sehingga akan dikendalikan dengan driver motor stepper TB6600 yang akan diatur oleh unit mikrokontroller esp32.

Spesifikasi

Nema23 :

Brand / Merek : HUIYINN ;Jumlah kabel : 4

Website brand : www.huiyinn.com,

Kategori motor : motor stepper ; jumlah phase : 2

Tipe motor : NEMA 23 atau istilah lainnya motor 57

Panjang bodi : 76mm (tidak termasuk panjang as) ; shaft diameter : 6mm

Torsi / torque : 2.0 Nm ; Ampere : 3.5 A

Voltage : 3.3 VDC ; Stepping angle : 1.8 derajat

Coil Resistance : 0.8 ohm ; phase inductance : 2.3 mH

insulation resistance 100M ohm 500VDC ; insulation class : B (130 deg)

ambient temperature : -20 deg to 50 deg ; ambient humidity : 15% to 95%

Sementara itu, untuk spesifikasi driver motor stepper TB6600 :

4.5A arus tinggi, 45V tegangan tinggi, output perlindungan hubung singkat, kinerja lebih baik!

1) Tegangan kerja DC 10V-45V. Disarankan untuk menggunakan catu daya switching DC32V untuk catu daya.

2) Mengadopsi 6N137 diafragma kecepatan tinggi untuk memastikan kecepatan tinggi tanpa kehilangan langkah.

3) Mengadopsi chip baru asli baru sekarang, tegangan tinggi TB6600HG Toshiba, yang memiliki pemutus tegangan rendah, pemutus suhu berlebih, dan sirkuit proteksi arus berlebih, dan peningkatan perlindungan hubung singkat dibandingkan dengan TB6560.

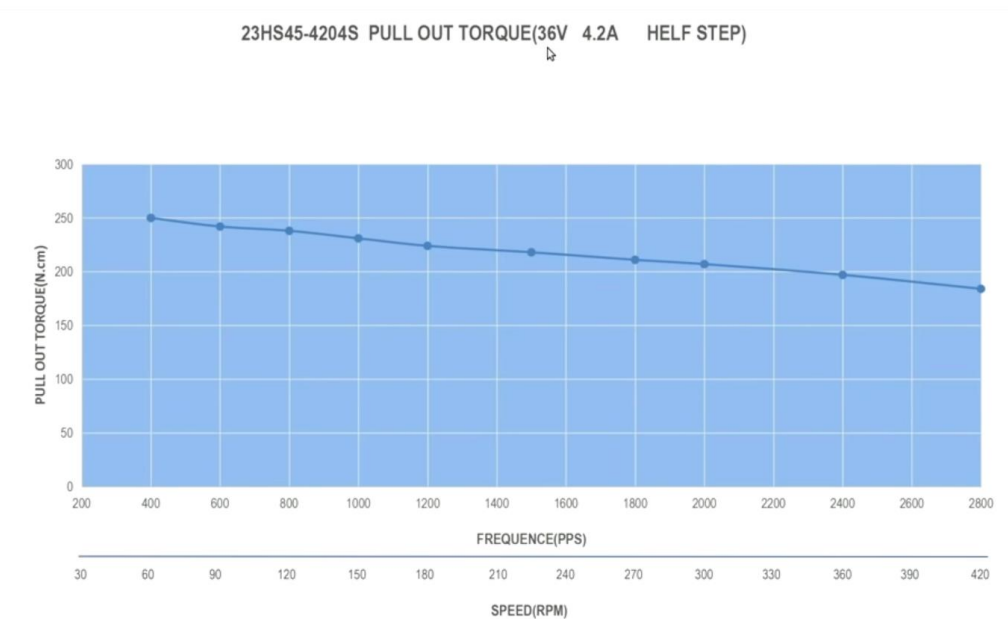
4) Output maksimum terukur mencapai: $\pm 4.5A$.

5) Untuk motor stepper 42, 57, 86 dua fase / empat fase / empat kawat / enam kawat dalam 4.2A.

6) Fungsi semi-otomatis otomatis.


7) Subdivisi: langkah penuh, setengah langkah, 1/4 langkah, 1/8 langkah, 1/16 langkah, maksimum 16 pembagian.

8) Volume: lebar 50 * panjang 82 * tinggi 35 (MM)



Gambar 4. Hasil Print Out Grafik

Gambar di atas merupakan grafik datasheet yang menunjukkan hubungan torsi tarikan terhadap kecepatan putar motor stepper Nema23 bertorsi 2,5 Nm. Berdasarkan grafik tersebut, apabila memakai motor stepper yang dimiliki, yaitu Nema23 bertorsi 2,0 Nm, maka torsi maksimum (100%) dapat dicapai apabila kecepatan putarnya 60 rpm. Berarti driver harus bisa mengendalikan motor steppernya pada putaran 60 rpm.



Current (A)	Peak current	S4	S5	S6
0.5	0.7	ON	ON	ON
1.0	1.2	ON	OFF	ON
1.5	1.7	ON	ON	OFF
2.0	2.2	ON	OFF	OFF
2.5	2.7	OFF	ON	ON
2.8	2.9	OFF	OFF	ON
3.0	3.2	OFF	ON	OFF
3.5	4.0	OFF	OFF	OFF

Gambar 5. Hasil Switch Driver Pada Print Out Grafik

Untuk torsi aktualnya, tergantung pengaturan dip switch driver TB6600 pada S4S5S6 = OFF ON ON, berarti menggunakan arus 2,5A dan maksimum arus di 2,7A. Sehingga, torsi aktual

$$\tau_{set} = \frac{i_{set}}{i_{spec}} \times \tau = \frac{2,7}{3,5} \times 2,0 = 1,54 \text{ Nm.}$$

Torsi aktual yang diset sudah memenuhi kriteria $\tau_{set} > \tau_{beban} \rightarrow 1,54 \text{ Nm} > 0,7 \text{ Nm}$, sehingga dengan pengaturan dip switch ini, sudah pasti beban akan tergulung ataupun terulur dan tertahan.

S1	S2	S3	Microstep resolution	Pulse/rev
ON	ON	ON	NC	NC
ON	ON	OFF	Full step	200
ON	OFF	ON	1/2 step	400
OFF	ON	ON	1/2 step	400
ON	OFF	OFF	1/4 step	800
OFF	ON	OFF	1/8 step	1600
OFF	OFF	ON	1/16 step	3200
OFF	OFF	OFF	1/32 step	6400

Gambar 6. Hasil Print Out Grafik 2

Sementara itu, pada driver sudah diatur dip switch S1S2S3 = OFF ON OFF yang berarti resolusi microstepnya 1/8 dan dibutuhkan 1600 pulse (PPR) agar motor stepper bisa berputar satu putaran penuh. Harus ditentukan delay yang tepat pada pemrograman agar putarannya satu putaran per detik. Bisa didapat melalui rumus :

Sehingga, $delay = \frac{1000000}{1600 \times 2} = 313 \mu s$. Rumus di atas didapat setelah observasi berulang pada motor stepper serta pengujian berkali-kali melalui resolusi yang berbeda dan sinkronisasi (hubungannya). RotasiPerdetik (RPS) bernilai 1 karena target RPM adalah 60, berarti per detiknya satu putaran. Nilai 2 didapat dari banyaknya sinyal dalam satu periode, yaitu ada dua sinyal berupa satu sinyal High dan satu sinyal Low yang masing-masing lama aktifnya selama delay 313 mikrodetik.

```
void Step_run(){
  //KASIH BLUETOOT
  //Start of (D)eploy
  //MENGULUR
  //SETTINGAN : 1/8 -> 1600 ; 2.5-2.7A ; kel=34.55cm; 60 RPM -> 313 ;
  digitalWrite(dir, HIGH); //CW--Searah jarum jam -- Ulur
  for(int i=0; i<((stepPerRevolution*2.894)*25; i++){ //istilahnya steps per revolution, dikalikan x meter
    digitalWrite(pul, HIGH); //sinyal pulse high
    delayMicroseconds(313);
    digitalWrite(pul, LOW); //sinyal pulse low
    delayMicroseconds(313); // (1000000)/((1600) (2) (313))=1rpm
  }
  delay(5000); //5 detik ; beban ditahan holding torque

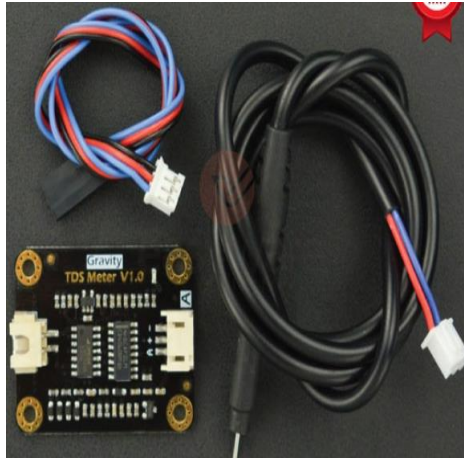
  //MENGULUNG
  //SET : 1/8 -> 1600 ; 2.5-2.7A ; kel=34.55cm; 60 RPM -> 313 ;
  digitalWrite(dir, LOW); //CCW--Berlawanan jarum jam -- Gulung
  for(int i=0; i<((stepPerRevolution*2.894)*25; i++){ //istilahnya steps per revolution, dikalikan x meter
    digitalWrite(pul, HIGH); //sinyal pulse high
    delayMicroseconds(313);
    digitalWrite(pul, LOW); //sinyal pulse low
    delayMicroseconds(313);
  }
  //delay(1000); //1 detik ; beban ditahan holding torque
  //End of (D)eploy
}
```

Gambar 7. Pemrograman Arduino IDE

Delay ini kemudian diterapkan pada pemrograman di ide esp32 tanpa menggunakan library driver motor stepper. Dengan pengaturan seperti ini, motor stepper sudah bisa berputar sebanyak satu putaran per detik. Sehingga, dengan keliling dalam penggulung 34,5 cm, didapatkan **kecepatan putar konstan 0,345 m/s**.

Sensor Analog TDS

Spesifikasi :



Gambar 8. Sensor Analog TDS

Papan Pemancar Sinyal

- Tegangan Masukan: 3,3 ~ 5,5V
- Tegangan Keluaran: 0 ~ 2.3V
- Arus Kerja : 3 ~ 6mA
- Rentang Pengukuran TDS: 0 ~ 1000ppm
- Akurasi Pengukuran TDS: 10% F.S. (25)
- Ukuran Modul: 42*32mm
- Antarmuka Modul: PH2.0-3P
- Antarmuka Elektroda: XH2.54-2P

Probe TDS

```
void loop() {
  msg_flag = false;
  if (SerialBT.available()){
    message = SerialBT.read();
    unsigned long previousTime = millis();

    while(message == 'G'){
      tdsValue = analogRead(TdsSensorPin);
      Serial.println(TdsSensorPin);

      currentTime = millis();

      if (tdsValue > Threshold){
        water_flag = true;
        L = (Vstep * (currentTime - previousTime))/1000;
        Serial.println(L);
      }
    }
  }
}
```

Gambar 9. Probe TDS

- Jumlah Jarum : 2
- Panjang Total : 83cm
- Antarmuka Koneksi: XH2.54-2P
- Warna hitam
- Lainnya: Probe Tahan Air (waterproof)

Sensor analog TDS berfungsi untuk mendeteksi keberadaan air sumur. Jika sensor TDS menyentuh air, maka esp32 akan menghentikan penghitungan waktu counter. Caranya, sensor TDS sudah diatur dengan nilai analog trigger tertentu, jika nilainya melebihi threshold, maka waktu counter dihentikan, dan ini terjadi jika tds menyentuh air.

Sumber Tegangan Aki Yuasa 12V 7Ah dan Dua Baterai Panasonic 18650 3,7V 3,5 Ah



Gambar 10. Sumber Tegangan Aki

Aki yuasa digunakan untuk menenagai unit master, yang berisi driver motor stepper (12V) dan buck converter (12V to 5V) agar mikrokontroller esp32 master mendapatkan sumber tenaga.

Berdasarkan perhitungan ilmiah yang sudah dilakukan, unit master bisa bertahan 19 kali pencarian data (DoD 50%), setelah itu diisi ulang kembali dengan tegangan float 13,7V sampai penuh. Dengan siklus seperti ini, diprediksi sistem pendeteksi kedalaman air sumur bisa bertahan 5 tahun dengan frekuensi pencarian data 2 kali sehari.



Gambar 11. Baterai Li-Ion

Spesifikasi:

Model: NCR18650B

Tegangan terukur: 3.7V

Kapasitas: 3500mAh

Jenis: baterai Lithium

Dapat diisi ulang: Ya

Ukuran: 18*65mm

Untuk unit slave, digunakan sumber tegangan dari dua buah baterai panasonic NCR18650B yang diparalelkan, sehingga tegangannya tetap di 3,7V, tetapi kapasitasnya bertambah ($3,5+3,5=7$ Ah). Berdasarkan perhitungan ilmiah yang sudah dilakukan di chapter sebelumnya, kedua baterai ini bisa mentenagai unit slave sampai 139 kali pencarian data. Setelah itu baterai bisa diisi ulang dengan tegangan 4,2V melalui interface 5V (buckboost converter) pada terminal buck yang tersedia di unit slave.

Buck Converter Master dan Buck Converter Slave

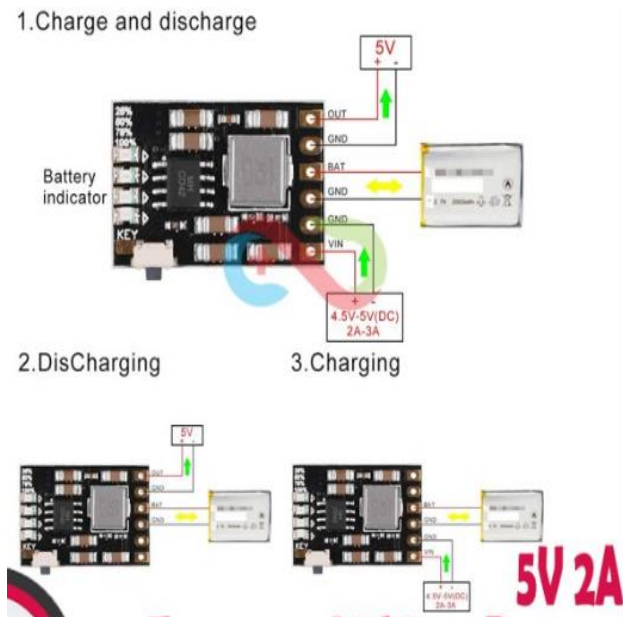


Gambar 12. Buck Converter Master dan Slave

Spesifikasi:

- Ukuran: 50*26*11 (P * L * T) (mm)
- Suhu Pengoperasian: -40c hingga +85 c
- Regulasi Tegangan : 2,5%
- Regulasi Beban : 0,5%
- Riak keluaran: 50mV (maks) bandwidth 20M
- Frekuensi peralihan: 300KHz
- Efisiensi konversi: 95% (tertinggi)
- Arus keluaran: maksimum 5A yang dapat disesuaikan
- Tegangan keluaran: 0.8V-30V
- Tegangan masukan: 5V-32V
- Rektifikasi: rektifikasi non-sinkron
- Properti Modul: modul arus dan tegangan konstan yang tidak terisolasi

Modul buck converter XL4015 dipakai pada unit master. Tegangan input 12V dari aki, kemudian diatur trimpotnya agar keluaran output converter di 5V. Tegangan keluaran kemudian dihubungkan ke terminal Vin pada mikrokontroller esp32. Adapun modul buck converter ini termasuk handal karena saat uji coba sistem, pernah tershort output portnya tetapi modul tidak rusak dan masih bisa dipakai.



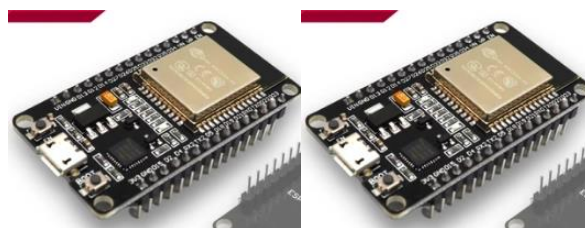
Spesifikasi :

- Tegangan pengisian daya: DC 4.5V-5.5V (direkomendasikan DC 5V)
- Arus pengisian daya: 0-2.1A
- Pengisian arus diam: 100uA
- Tegangan penuh: 4.2V \pm 1%
- Arus pelepasan: 0-2.4A
- Debit arus diam: 50uA
- Efisiensi pelepasan: hingga 96%
- Tegangan keluaran: 5V
- Arus keluaran: 0-2.4A
- Ukuran: 25x16x4mm

Gambar 13. Modul Charge dan Discharge

Modul charge discharge 18650 digunakan pada unit slave. Tugasnya, menaikkan tegangan dari 3,7V pada port input ke 5V di port output. Tegangan keluaran 5V akan dipakai oleh mikrokontroller slave esp32 sebagai sumber tenaga yang mentenagai esp dan sensor analog tds.

Mikrokontroller Utama Master dan Slave : ESP32



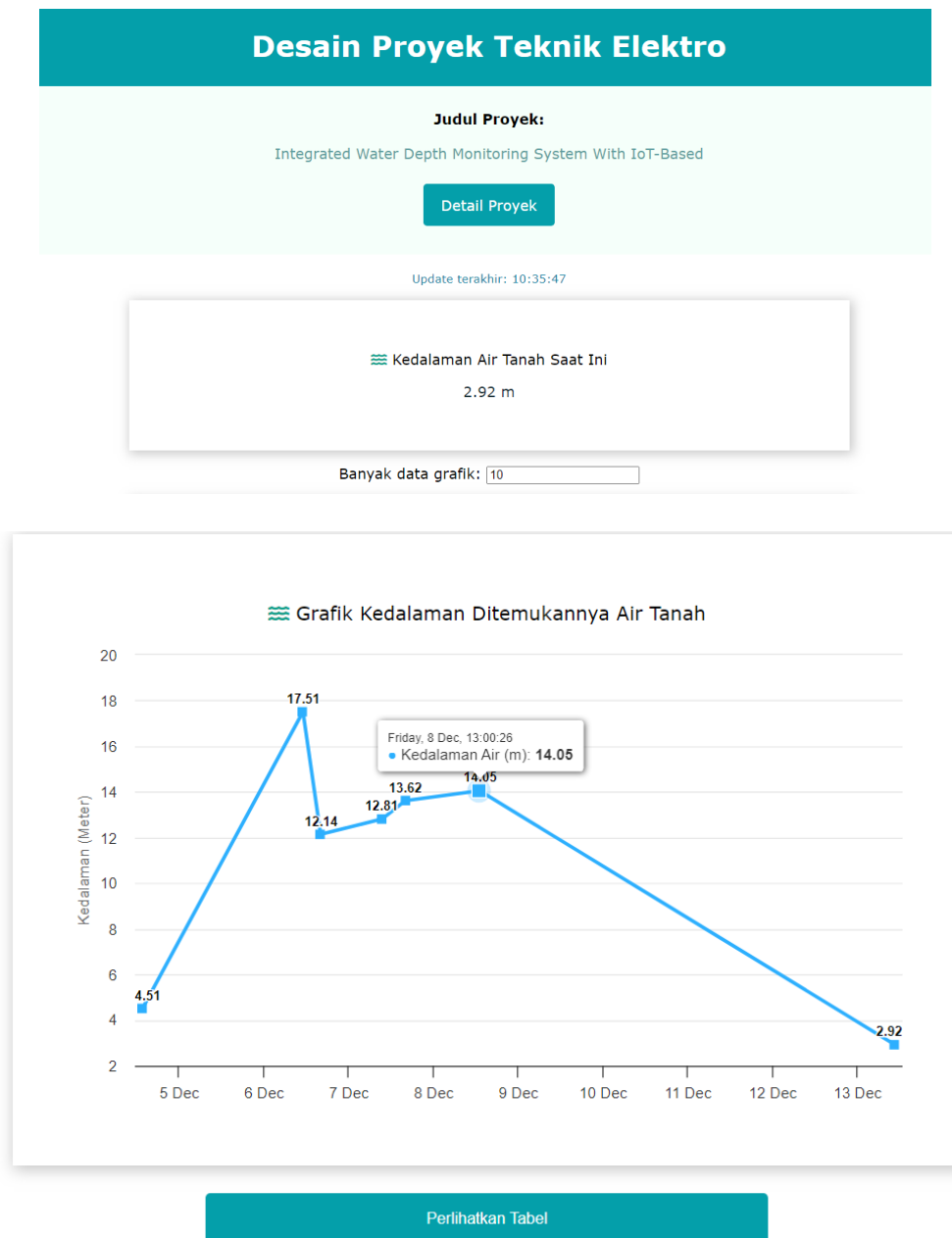
Gambar 14. Mikrokontroller ESP 32

Masing-masing unit master dan slave menggunakan mikrokontroller yang sama, yaitu esp32. Ketika switch unit master dinyalakan, maka esp32 master akan mengkoneksikan bluetooth ke esp32 slave, jika berhasil maka esp32 master akan mengirimkan kode “g” ke esp32 slave. Jika esp32 slave menerima kode g, maka counter waktu akan dimulai.

Di saat yang sama, esp32 master akan memulai fungsi deploy atau penguluran dengan memerintahkan motor driver untuk memutar motor stepper sejauh 25 meter (diset 25m, bisa lebih tinggal diganti di bagian kode ide saja). Kemudian, esp32 slave terus menghitung waktu counter dan akan berhenti apabila sensor analog tds menyentuh air. Lalu, waktu counter

dikalikan kecepatan konstan 0,345m/s untuk didapatkan kedalaman. Unit slave akan digulung ke atas, setelah sampai di atas, unit slave akan terhubung dengan hotspot atau wifi lalu variabel kedalaman diunggah ke website.

Website Proyek



No	Tanggal	Waktu	Kedalaman Air (m)
1	2023/12/04	13:32:09	4.51
2	2023/12/06	10:59:30	17.51
3	2023/12/06	15:58:52	12.14
4	2023/12/07	09:22:38	12.81
5	2023/12/07	16:01:01	13.62
6	2023/12/08	13:00:26	14.05
7	2023/12/13	10:35:47	2.92

Gambar 15. Hasil Print Out Grafik dan Tabel di Website

Website menggunakan firebase, menerima data kedalaman yang diunggah oleh esp32 slave. Alamat lengkap websitenya adalah <https://kedalamanair.web.app/>

4.4. Implementasi Pengerjaan Proyek

Langkah-langkah pengerjaan proyek dan link youtube https://youtu.be/VHqvym0VUwg?si=Bebw9-pb7fFS_Yb- :

Master :

- Menghitung spesifikasi torsi beban yang cukup (ada di perhitungan ilmiah)
- Menghitung energi yang dibutuhkan lalu mencari sumber tegangan yang sesuai, perhitungannya ada di bagian perhitungan ilmiah
- Membeli semua komponen yang dibutuhkan dari bagian perencanaan
- Menghubungkan terminal-terminal modul ke PCB, dilakukan dengan menyolder bagian terminal-terminal ke PCB bolong, penyolderan dilakukan sesuai standar keamanan, yaitu menggunakan penjepit, menggunakan kipas angin agar uap solder tidak terhirup, jalur solderan tebal, serta bagian yang terminal yang terbuka ditutup dengan isolasi lakban elektrik agar tidak short.
- Menghubungkan sistem penggulung, yaitu driver motor stepper TB6600 dengan kabel phase motor stepper Nema23. Setelah itu, menghubungkan motor stepper Nema23 dengan shaft diameter 8mm, dan diletakkan pada case akrilik. Kemudian, shaft dihubungkan dengan penggulung 3dprint biru menggunakan lem super glue dan lem besi. Lalu, gulung benang tali tambang sepanjang 60 meter ke penggulung 3dprint. Kencangkan semua skrup dan beri lem besi pada celah yang ada. Kemudian dicoba menggulung atau mengulur

manual penggulungnya, jangan sampai ada slip (bila ada slip maka beri lem besi pada celah shaft).

- Mengisi mikrokontroller dengan kode pemrograman yang sudah disesuaikan berdasarkan perhitungan ilmiah agar target tercapai
- Kode untuk master :

```
coba_master
1 int dir=26, en=25, pul=27; //PALING ATAS
2 #define stepPerRevolution 1600 //PALING ATAS
3
4 #include "BluetoothSerial.h"
5
6 BluetoothSerial SerialBT;
7 uint8_t address[6] = {0xB0, 0xA7, 0x32, 0x2A, 0xFF, 0x06};
8
9 String name = "ESP32 Slave Anakkendali.com";
10 char *pin = "1234";
11 bool connected;
12
13 #include <Arduino.h>
14 float Value;
15 char message;
16
17
18 void Step_run(){
19     //KASIH BLUETOOT
20     //Start of (D)eploy
21     //MENGULUR
22     //SETTINGAN : 1/8 -> 1600 ; 2.0-2.2A ; kel=34.55cm; 144N (50meter) -> 230400 ; 60 RPM -> 313 ;
23     digitalWrite(dir, HIGH); //CW--Searah jarum jam -- Ulur
24     for(int i=0; i<(stepPerRevolution*2.894)*2; i++){ //istilahnya steps per revolution, dikalikan x meter
25
26         digitalWrite(pul, HIGH); //sinyal pulse high
27         delayMicroseconds(313);
28         digitalWrite(pul, LOW); //sinyal pulse low
29         delayMicroseconds(313); //((1000000)/((1600)(2)(313))=1rpm
30     }
31     delay(5000); //5 detik ; beban ditahan holding torque
32
33     //MENGULUNG
34     //SET : 1/8 -> 1600 ; 2.0-2.2A ; kel=34.55cm; 144N (50meter) -> 230400 ; 60 RPM -> 313 ;
35     digitalWrite(dir, LOW); //CCW--Berlawanan jarum jam -- Gulung
36     for(int i=0; i<(stepPerRevolution*2.894)*2; i++){ //istilahnya steps per revolution, dikalikan x meter
37         digitalWrite(pul, HIGH); //sinyal pulse high
38         delayMicroseconds(313);
39         digitalWrite(pul, LOW); //sinyal pulse low
40         delayMicroseconds(313);
41     }
42     //delay(1000); //1 detik ; beban ditahan holding torque
43     //End of (D)eploy
44 }
45
46 void setup() {
47     pinMode(dir, OUTPUT); //PALING ATAS
48     pinMode(en, OUTPUT); //PALING ATAS
49     pinMode(pul, OUTPUT); //PALING ATAS
```

```

50 digitalWrite(en, LOW); //PALING ATAS
51 Serial.begin(9600);
52 SerialBT.begin("ESP32test", true);
53 Serial.println("The device started in master mode, make sure remote BT device is on!");
54
55 // connected = SerialBT.connect(name); // Jika menggunakan name tinggal samakan namanya dengan bluetooth slave tapi agak lama koneknya
56 connected = SerialBT.connect(address); // lihat address slave lewat aplikasi android bluetooth
57 if (connected) {
58     Serial.println("Connected Successfully!");
59     Serial.println("Calculating well depth");
60     SerialBT.write('G');
61     Serial.println("Running stepper motor");
62     Step_run();
63
64 } else {
65     // disconnect() may take upto 10 secs max
66     if (SerialBT.disconnect()) {
67         Serial.println("Disconnected Successfully!");
68     }
69     SerialBT.connect();
70 }
71 }
72
73 void loop() {
74 }

```

Gambar 16. Kodingan ESP 32 Master dan Slave #1

- Menguji master dengan koneksi bluetooth
- Menguji master terkait kecepatan putar dan membandingkannya antara yang diprogram dengan kecepatan asli, didapat kecepatan asli sekitar 1 meter lebih sedikit tiap 3 detik, berarti mendekati 0,345 m/s
- Melakukan sinkronisasi counter waktu dengan unit slave
- Melakukan pengujian secara horizontal di jalan panjang untuk memeriksa akurasi
- Terakhir, menguji secara vertikal di sumur air i-Cell

Slave :

- Melakukan riset cara pendeteksian air, dipilih sensor analog tds sebagai pendeteksi
- Menghitung energi yang dibutuhkan lalu mencari sumber tegangan yang sesuai, perhitungannya ada di bagian perhitungan ilmiah
- Membeli semua komponen yang dibutuhkan dari bagian perencanaan
- Menghubungkan terminal-terminal modul ke PCB, dilakukan dengan menyolder bagian terminal-terminal ke PCB bolong, penyolderan dilakukan sesuai standar keamanan, yaitu menggunakan penjepit, menggunakan kipas angin agar uap solder tidak terhirup, jalur solderan tebal, serta bagian yang terminal yang terbuka ditutup dengan isolasi lakban elektrik agar tidak short.
- Mengisi mikrokontroller dengan kode pemrograman yang sudah disesuaikan berdasarkan perhitungan ilmiah agar target tercapai
- Kode untuk slave :

Slave

```
1 #include "BluetoothSerial.h"
2 #define TdsSensorPin 27
3 #define VREF 3.3          // analog reference voltage(Volt) of the ADC
4 #define SCOUNT 30       // sum of sample point
5
6 #if !defined(CONFIG_BT_ENABLED) || !defined(CONFIG_BLUEDROID_ENABLED)
7 #error Bluetooth is not enabled! Please run make menuconfig to and enable it
8 #endif
9
10 //Wifi
11 #include <WiFi.h>
12 #include <Firebase_ESP_Client.h>
13 #include <Wire.h>
14 #include "time.h"
15
16 // Provide the token generation process info.
17 #include "addons/TokenHelper.h"
18 // Provide the RTDB payload printing info and other helper functions.
19 #include "addons/RTDBHelper.h"
20
21 // Insert your network credentials
22 #define WIFI_SSID "iPhone"
23 #define WIFI_PASSWORD "bimasansa"
24
25 // Insert Firebase project API Key
26 #define API_KEY "AIzaSyAYA6IXorCKPvEk8MW8LusEfTEMCORieiI"
27
28 // Insert RTDB URLdefine the RTDB URL
29 #define DATABASE_URL "https://kedalamanair-default-rtdb.asia-southeast1.firebaseio.com/"
30
31 // Insert Authorized Email and Corresponding Password
32 #define USER_EMAIL "kedalamanair@gmail.com"
33 #define USER_PASSWORD "112233"
34
35 // Define Firebase objects
36 FirebaseData fbdo;
37 FirebaseAuth auth;
38 FirebaseConfig config;
39
40 // Variable to save USER UID
41 String uid;
42
43 // Database main path (to be updated in setup with the user UID)
44 String databasePath;
45 // Database child nodes
46 String timePath = "/timestamp";
47
48 // Parent Node (to be updated in every loop)
49 String parentPath;
50
51
52
53
54 int timestamp;
55 FirebaseJson json;
56
57 const char* ntpServer = "pool.ntp.org";
58
59 // Timer variables (send new readings every three minutes)
60 unsigned long sendDataPrevMillis = 0;
61 unsigned long timerDelay = 180000;
62
63 BluetoothSerial SerialBT;
64
65 float averageVoltage = 0;
66 float tdsValue = 0;
67 float Threshold = 0;
68 bool water_flag;
69 bool msg_flag;
70 char message;
71
72 float Vstep = 0.345; //kecepatan stepper
73 unsigned long currentTime;
74 float L;
75
76 // Initialize WiFi
77 void initWiFi() {
78   WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
```

```

76 Serial.print("Connecting to WiFi ..");
77 while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
78     Serial.print('.');
79     delay(1000);
80 }
81 Serial.println(WiFi.localIP());
82 Serial.println();
83 }
84
85 // Function that gets current epoch time
86 unsigned long getTime() {
87     time_t now;
88     struct tm timeinfo;
89     if (!getLocalTime(&timeinfo)) {
90         //Serial.println("Failed to obtain time");
91         return(0);
92     }
93     time(&now);
94     return now;
95 }
96
97 void setup() {
98     Serial.begin(9600);
99     SerialBT.begin("ESP8266"); //Bluetooth device name
100    Serial.println("The device started, now you can pair it with bluetooth!");

```

```

101 }
102
103 void loop() {
104     msg_flag = false;
105     if (SerialBT.available()) {
106         message = SerialBT.read();
107         unsigned long previousTime = millis();
108
109         while(message == 'G') {
110             tdsValue = analogRead(TdsSensorPin);
111             Serial.println(TdsSensorPin);
112
113             currentTime = millis();
114
115             if (tdsValue > Threshold) {
116                 water_flag = true;
117                 L = (Vstep * (currentTime - previousTime))/1000;
118                 Serial.println(L);
119                 SerialBT.flush();
120                 SerialBT.disconnect();
121                 SerialBT.end();
122                 delay(5000); //delay step run + 5 detik
123                 delay(10000); //10 detik persiapan wifi
124                 initWiFi();
125                 configTime(0, 0, ntpServer);

```

```

126
127 // Assign the api key (required)
128 config.api_key = API_KEY;
129
130 // Assign the user sign in credentials
131 auth.user.email = USER_EMAIL;
132 auth.user.password = USER_PASSWORD;
133
134 // Assign the RTDB URL (required)
135 config.database_url = DATABASE_URL;
136
137 Firebase.reconnectWiFi(true);
138 fbdo.setResponseSize(4096);
139
140 // Assign the callback function for the long running token generation task */
141 config.token_status_callback = tokenStatusCallback; //see addons/TokenHelper.h
142
143 // Assign the maximum retry of token generation
144 config.max_token_generation_retry = 5;
145
146 // Initialize the library with the Firebase authen and config
147 Firebase.begin(&config, &auth);
148
149 // Getting the user UID might take a few seconds
150 Serial.println("Getting User UID");
151
152 while ((auth.token.uid) == "") {
153     Serial.print('.');
154     delay(1000);
155 }
156 // Print user UID
157 uid = auth.token.uid.c_str();
158 Serial.print("User UID: ");
159 Serial.println(uid);
160
161 // Update database path
162 databasePath = "/UsersData/" + uid + "/readings";
163 break;
164 }else {
165     water_flag = false;
166 }
167
168 if (water_flag){
169     message = '\0';
170 }
171 delay(20);
172 }
173
174 // Send new readings to database
175 if (Firebase.ready() && (millis() - sendDataPrevMillis > timerDelay || sendDataPrevMillis == 0)){
176
177     sendDataPrevMillis = millis();
178
179     //Get current timestamp
180     timestamp = getTime();
181     Serial.print ("time: ");
182     Serial.println (timestamp);
183
184     parentPath= databasePath + "/" + String(timestamp);
185
186     json.set(tempPath.c_str(), String(L));
187     json.set(timePath, String(timestamp));
188     Serial.printf("Set json... %s\n", Firebase.RTDB.setJSON(fbdo, parentPath.c_str(), &json) ? "ok" : fbdo.errorReason().c_str());
189 }

```

Gambar 17. Hasil Kodingan Master dan Slave #2

- Menguji slave dengan koneksi bluetooth
- Menguji slave terkait kemampuan pendeteksian air, lalu sinkronisasi waktu counter saat motor stepper mulai mengulur dan berhenti penghitungan waktu counter saat sensor analog tds mendeteksi air
- Menguji konektivitas hotspot atau wifi untuk mengupload data kedalaman yang didapat unit slave ke website
- Melakukan pengujian secara horizontal di jalan panjang untuk memeriksa akurasi

- Terakhir, menguji secara vertikal di sumur air i-Cell

4.5. Anggota Tim dan Tanggung Jawab

Pembuatan sistem monitoring kedalaman air tanah berbasis web tentunya membutuhkan kontribusi dari seluruh anggota kelompok. Dengan tujuan untuk memudahkan koordinasi yang lebih terintegrasi, diperlukan pembagian tugas yang jelas dalam pengerjaan proyek. Pembagian tugas dibagi menjadi tiga buah divisi yaitu divisi elektrik, mekanik, dan pemrograman. Divisi elektrik terdiri dari sejumlah 2 (dua) orang yaitu Andreas Anugerah Pitoyo dan Ivan Hans Gilbert Sihotang. Divisi elektrik juga membantu sebagian tugas divisi mekanik. Divisi mekanik diisi oleh Rifqi Annas Albasyahri, dan divisi pemrograman yang diisi oleh Bima Adinata Namara.

Dalam setiap divisi yang tersedia, terdapat beberapa tanggung jawab yang diemban untuk memastikan setiap divisi berjalan sesuai dengan skema perancangan. Divisi kelistrikan memiliki tanggung jawab untuk memastikan segala aspek yang menyangkut dengan aspek kelistrikan dapat berjalan dan bekerja sesuai dengan skema perancangan dengan melakukan perancangan dan pemasangan komponen kelistrikan, divisi mekanik memiliki tanggung jawab untuk merancang dan memastikan komponen mekanik dapat berjalan sesuai dengan perancangan melalui perhitungan dan pemilihan komponen yang termasuk dalam perancangan. Yang terakhir, divisi pemrograman memiliki tanggung jawab untuk memastikan sistem mekanik dan kelistrikan bekerja secara terorganisasi melalui pemrograman yang dibuat dengan memanfaatkan pemrograman yang tersedia pada mikrokontroler ESP32. Berikut ini merupakan rincian dari pembagian tanggung jawab setiap anggota.

No.	Divisi	Penanggung Jawab	Tugas Divisi	Tugas Spesifik
1	Kelistrikan/ Elektrikal- Mekanikal	1) Andreas Anugerah Pitoyo	Melakukan riset dan mengimplementasikan cara kerja komponen-komponen kelistrikan dan sebagian mekanikal yang digunakan pada proyek. Dalam hal ini divisi ini bertanggung jawab dalam	<ul style="list-style-type: none"> • Mempelajari dan mengimplementasikan pemakaian aki, baterai, modul <i>buck-coost converter</i> pada rangkaian <i>master-slave</i> • Penghubung dan pengintegrasi

		2) Ivan Hans Gilbert Sihotang	merakit komponen kelistrikan dan melakukan evaluasi pada bagian kelistrikan dan sebagian mekanikal apabila terdapat masalah pada bagian ini	implementasi sistem kerja alat pengukuran kedalaman (sistem penggulung, motor stepper, driver motor, sinkronisasi unit master-slave, sistem tenaga)
				<ul style="list-style-type: none"> • Mempelajari dan mengimplementasikan pemakaian sensor TDS dalam mengukur sumbu Z atau kedalaman sensor. • Mempelajari dan mengimplementasikan metode komunikasi antara <i>master-slave</i>
2	Mekanikal	Rifqi Annas Albasyahri	<p>Melakukan riset mengenai cara kerja dan implementasi komponen mekanikal yang digunakan pada proyek</p> <p>Dalam hal ini, bagian ini bertanggung jawab untuk melakukan pengkonsepkan komponen mekanikal, dan pemasangan proyek pada lokasi observasi, serta melakukan evaluasi terhadap bagian mekanikal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mempelajari dan mengimplementasikan motor stepper, drivernya, dan sensor akselerasi • Mempelajari dan mengimplementasikan penggulangan sistem katrol untuk dapat menggulung dan mengulur.
4	Pemrograman	Bima Adinata Namara	Mempelajari dan mengimplementasikan pemrograman sistem dari	<ul style="list-style-type: none"> • Mempelajari dan mengimplementasikan penjalanan web server

			pendeteksian kedalaman air tanah, melakukan evaluasi pemrograman apabila teridentifikasi pada bagian pemrograman	melalui ESP32 dan pengiriman data melalui <i>master</i> ke web server. <ul style="list-style-type: none"> Melakukan support pemrograman komunikasi antara <i>master-slave</i>
--	--	--	--	---

4.6. Anggaran Biaya

Dalam pengimplementasian dan pengerjaan proyek yang telah dirancang, kami juga mengalami beberapa revisi mengenai konsep pengerjaan yang mengakibatkan terjadinya penyesuaian terhadap anggaran biaya. Berikut ini merupakan anggaran biaya yang telah digunakan selama proses pembuatan Sistem Monitoring Kedalaman Air Tanah (WaterDSlytics).

No.	Komponen	Jumlah	Harga per Satuan	Harga Total
1	Motor Stepper NEMA 23	1	Rp 232.000	Rp 232.000
2	Charge dan Dischage Module	1	Rp 10.100	Rp 10.100
3	Motor Driver	1	Rp 91.700	Rp 91.700
4	Baterai Panasonic 18650	2	Rp 60.000	Rp 120.000
5	Aki kering Yuasa 12 V	1	Rp 212.000	Rp 212.000
6	Sim 800L	1	Rp 81.000	Rp 81.000
7	Analog TDS Sensor	1	Rp 215.000	Rp 215.000
8	Jasa 3D Printing dan Printing Gulungan &tatakan motor stepper	1	Rp 350.000	Rp 350.000
9	Kartu Perdana Tri	1	Rp 26.000	Rp 26.000
10	Tumbler Air Minum	1	Rp 35.000	Rp 35.000
11	PCB Dot Matrix 4x6 cm	2	Rp 2.900	Rp 5.800
12	ESP 32	2	Rp 68.500	Rp 137.000
13	Isolasi Kabel Listrik	1	Rp 4.100	Rp 4.100
14	Tempat Baterai 18650	1	Rp 5.600	Rp 5.600
15	Box Elektronik X4	1	Rp 9.650	Rp 9.650
16	Pin Header Male Strip	4	Rp 800	Rp 3.200
17	Pin Header Female Strip	6	Rp 900	Rp 5.400

18	PCB Dot Matrix 3x7 cm	4	Rp 2000	Rp 8.000
19	Timah Solder	1	Rp 21.500	Rp 21.500
20	Kabel AWG Biru	3	Rp 1.375	Rp 4.125
21	Kabel AWG Merah	3	Rp 1.375	Rp 4.125
22	Kabel AWG Hitam	3	Rp 1.375	Rp 4.125
23	Terminal Blok 3 Pin	4	Rp 875	Rp 3.500
24	Terminal Blok 2 Pin	4	Rp 698	Rp 2.792
25	Stand Dudukan Roll Filament	1	Rp 65.000	Rp 65.000
26	Tali Tambang 2mm	1	Rp 22.540	Rp 22.540
27	Banner 60x160 cm	1	Rp 105.000	Rp 105.000
28	Mur, Baut, Lem& amplas	1	Rp 50.000	Rp 50.000
29	Brosur	40	Rp 500	Rp 20.000
30	Konsumsi Pameran	1	Rp 50.000	Rp 50.000
31	Ongkos Pengiriman Barang	1	Rp 60.000	Rp 60.000
TOTAL				Rp 1.960.132

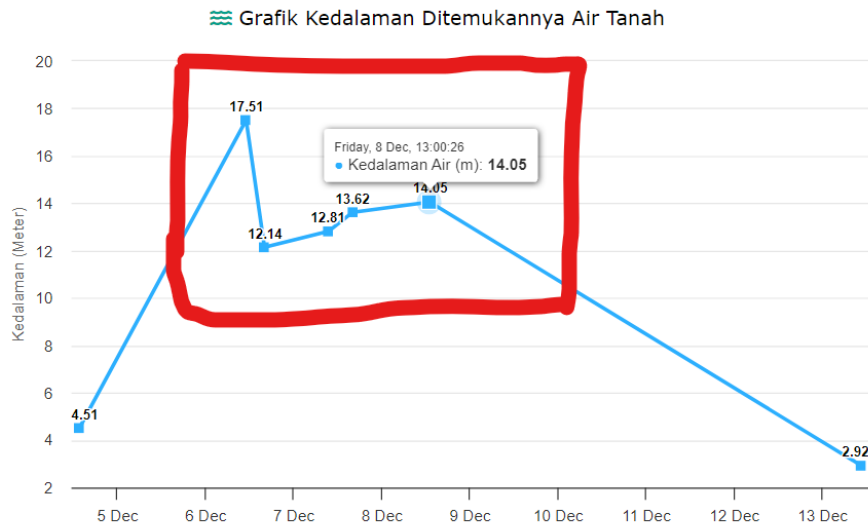
4.7. Target Kinerja dan Hasil

Target hasil utama yang ingin dicapai ada 2 :

1. Mendeteksi keberadaan air sumur tanah FTUI pada kedalaman berapa meter. Diketahui dari sumber pengelola air sumur FTUI, sumur FTUI ada banyak dan beragam. Kedalaman sumur bervariasi dari 20 – 50 meter. Sebagian besar sumur sudah digunakan untuk pipa bor air. Hanya sumur di i-Cell saja yang sedang kosong dan bisa diteliti, kedalaman sumur i-Cell sekitar 20 meter. Maka, dari itu dipilih sumur i-Cell sebagai salah satu indikasi keberadaan air sumur tanah FTUI.
2. Mengunggah data kedalaman ke website secara real-time. Data kedalaman yang didapat oleh unit slave akan diunggah ke website begitu unit slavenya sudah digulung ke atas dan berhasil terhubung ke wifi hotspot.

4.8. Rancangan Pengujian

Berdasarkan proyek yang dibuat, didapatkan hasil setelah melakukan pengambilan data di sumur i-Cell :



Gambar 18. Grafik Hasil Uji #1

Berdasarkan uji coba proyek, didapatkan data Rabu 6 Desember 2023, Kamis 7 Desember 2023, dan Jumat 8 Desember 2023 sebanyak 5 variasi kedalaman yang berbeda di sumur i-Cell. Melalui data tersebut, berarti proyek ini sudah berhasil mengatasi masalah pencarian kedalaman sumur, serta bisa menguploadnya secara real-time ke website.

4.9. Hasil Pengujian



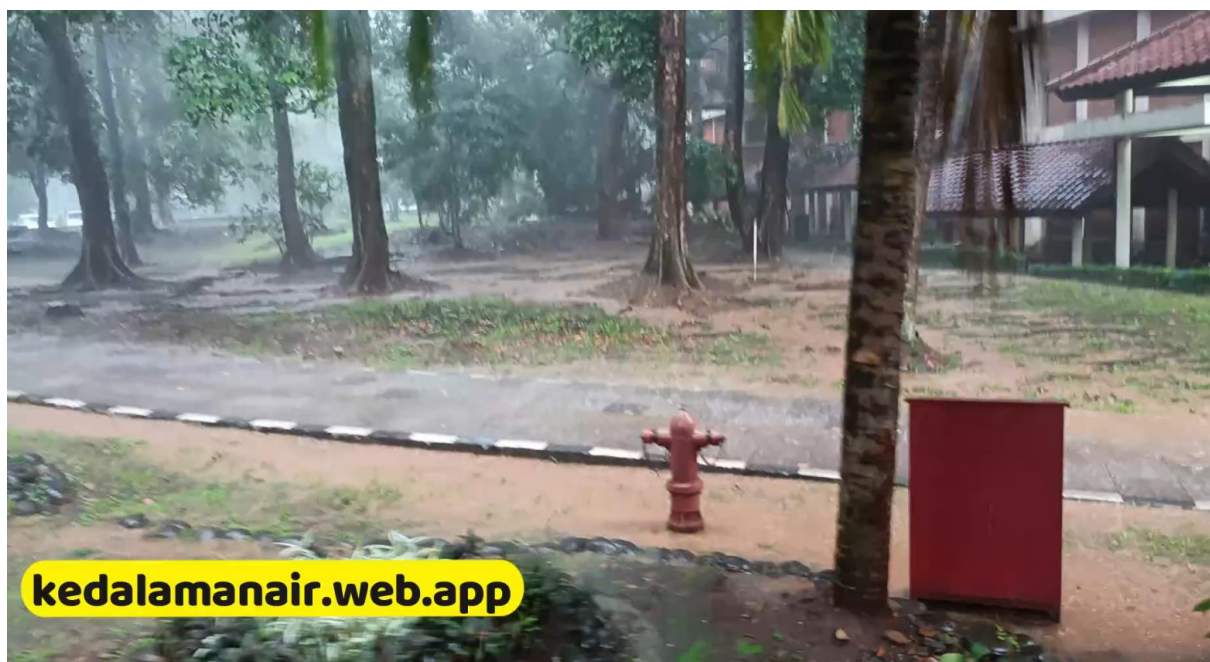
No	Tanggal	Waktu	Kedalaman Air (m)
1	2023/12/04	13:32:09	4.51
2	2023/12/06	10:59:30	17.51
3	2023/12/06	15:58:52	12.14
4	2023/12/07	09:22:38	12.81
5	2023/12/07	16:01:01	13.62
6	2023/12/08	13:00:26	14.05
7	2023/12/13	10:35:47	2.92

Gambar 19. Tabel dan Grafik Hasil Uji #2

Proyek kami menguji subsistem master dan subsistem slave sebagai satu kesatuan utuh. Keduanya tidak bisa dipisah ketika beroperasi. Untuk itu, dalam pengujian kedua unit harus berada pada posisi menyala, di mana saklar unit master dinyalakan dan port esp32 dihubungkan ke headernya, serta posisi hotspot selalu menyala.

Adapun saat percobaan dan pengujian, kami memulainya dengan mencoba di tanah lapang horizontal, menjalankan alat, kemudian menyentuhkan ujung probe ke air untuk menguji akurasi jarak. Setelah kami kalibrasi dan merasa siap, pada hari Senin, 4 Desember 2023 kelompok kami pergi ke dekanat untuk meminta izin sekaligus demonstrasi alat yang berhasil berfungsi kepada penanggung jawab fasilitas FTUI. Saat itu, di ruangan yang tidak terlalu besar, kami mencoba mendemonstrasikan cara kerja serta pendeteksian air di jarak kurang dari 5 meter, di mana hasilnya didapat 4,51 meter. Hasil jarak tersebut juga berhasil diupload ke website secara real-time. Demonstrasi yang berhasil ini akhirnya membuat kami diberi izin dan diperbolehkan memakai sumur i-Cell untuk mengambil data penelitian.

Setelah mendapat izin dan melakukan survey tempat, dari hari rabu sampai jumat (6-8 Desember 2023) kami mengambil data. Data pertama di hari Rabu, 6 Desember, saat itu kondisinya beberapa hari ke belakang belum ada hujan sama sekali dan cuacanya cerah panas. Kemudian dilakukan pengambilan data dan didapatkan jarak kedalaman 17,51 meter baru ditemukan keberadaan air tanah. Setelah itu, siang harinya terjadi hujan yang sangat deras sampai sekitar jam 3 sore.



Gambar 20. Tempat Pengukuran Kedalaman Air Tanah

Di sela-sela hujan yang mereda, diambil kembali data kedalaman dan didapatkan data jarak kedalaman 12,14 meter baru ditemukan keberadaan air tanah. Secara angka ditemukannya air semakin kecil, tetapi artinya airnya semakin dalam dan semakin banyak ketersediannya karena air hujan yang tertampung semakin lama semakin meluap ke atas, oleh karena itu masuk akal apabila jarak ditemukan air semakin dekat. Setelah diambil data kedua, tidak lama kemudian terjadi hujan deras lagi sampai sekitar jam 6 sore. Ini berarti air yang tertampung di sumur akan semakin banyak.

Keesokan harinya, yaitu hari Kamis, 7 Desember didapatkan kedalaman 12,81 meter (data ketiga). Nilainya sedikit lebih besar dibanding data kedua, ini diakibatkan semenjak Rabu malam sampai Kamis pagi, sumur dan tanah sekitar FTUI berhasil menyerap air secara lebih merata, sehingga luapan airnya lebih terdistribusi dengan baik (tidak hanya di sumur saja). Sementara itu, pada sore harinya diambil data kembali dan didapatkan jarak kedalaman 13,62 meter (data keempat). Ini terjadi karena sejak siang hari matahari bersinar cerah dan panas, sehingga sebagian air menguap dari tanah, selain itu peran serapan air tanah yang terdistribusi makin luas juga menyebabkan hal tersebut terjadi. Data terakhir (5) di hari Jumat, 8 Desember didapatkan jarak kedalaman 14,05 meter ini menandakan proses penyerapan air tanah masih berlangsung dan membutuhkan waktu agar bisa kembali ke nilai kedalaman normal (sekitar 17-20 meter).

Berdasarkan data yang didapatkan, ternyata sumur FTUI, salah satunya di i-Cell memiliki ketersediaan air yang cukup baik di musim hujan. Mengingat kedalaman sumurnya sekitar 20 meter dan kedalaman ditemukan air dimulai 17,51 meter saat data pertama diambil (saat itu tidak ada hujan dalam waktu yang lama dan keadaan terik pada minggu sebelumnya), maka setelah hujan terjadi, airnya benar-benar tertampung dalam tanah dan ditunjukkan oleh data kedua yang mengalami penambahan air, sehingga kedalaman ditemukan airnya semakin dekat dan cepat. Sementara itu, ketersediaan air tanahnya masih banyak jika dilihat dari keberlanjutan data ketiga, keempat dan kelima. Ini bisa disebabkan karena pada sumur i-Cell, kebetulan saat itu tidak sedang digunakan untuk penyerapan air pipa sumur bor, sehingga tidak banyak gedung yang mengambil air dari situ. Atau bisa juga karena memang kemampuan serapan air tanah di FTUI sekitar i-Cell tergolong baik karena dilihat dari indikasi rumput-rumput dan pohon besar bisa tumbuh subur di sekitar daerah itu.

Kesimpulan yang dapat diambil, pertama dari segi alat proyek sudah berhasil mencari data jarak kedalaman ditemukannya air tanah lewat sumur FTUI i-Cell, serta mengunggah data

kedalaman ke website secara real-time. Kedua, berdasarkan data yang didapat, daerah FTUI sekitar i-Cell memiliki kemampuan serapan air yang baik, serta ketersediaan airnya banyak apalagi saat musim hujan. Ketersediaan air yang banyak ini menandakan bahwa daerah sekitar i-Cell mungkin dapat dimanfaatkan sebagai sumber air baru bagi gedung i-Cell atau sekitarnya.

4.10. Validasi Sistem

Sistem yang dibuat sudah bisa menjawab solusi permasalahan pencarian kedalaman ditemukannya air tanah di FTUI, serta sudah bisa mengunggah data kedalaman ke website secara real-time. Dari segi kelayakan, seperti keakuratan sensor, alat kami berhasil mencari jarak kedalaman yang cukup akurat bila menggunakan pengujian kedalaman secara horizontal sebagai pembandingnya, saat itu kami mencoba mencari jarak horizontal dan membandingkan hasilnya dari sistem kami dan hasilnya mirip (perbedaan kurang dari 1 meter artinya cukup akurat).

Dari segi profesionalitas, seperti kerapihan, alat kami sudah rapi di bagian unit slavenya, di mana baterai sudah dilindungi lakban elektrik, sehingga aman dari short serta bagian PCB bolong yang ditempelkan header ke esp32 serta boost converter juga sudah cukup rapi dan dilindungi plastik zipper, sehingga antara unit slave tidak menyentuh dinding botol metal dan aman dari short. Tetapi, untuk kerapihan bagian unit master masih tergolong kurang karena boks plastik di unit master terlalu sempit, sehingga esp32 dan boost converternya tidak tertata dengan baik, lemnya juga kurang rapi, serta saat uji coba pertama kali ditemukan short, tetapi setelah diperbaiki sudah aman. Untuk penghubungan antara unit master ke driver motor stepper masih dengan kabel yang bisa terlihat, seharusnya disembunyikan, selain mengganggu estetika, ini juga bisa menyebabkan short apabila salah satu kabelnya tertarik atau kusut.

Dari segi keamanan, alat kami sudah pernah terkena short di bagian unit master tapi masih aman. Ini menandakan unit proteksi modulnya bekerja dengan baik. Tetapi, setelah alat selesai dipakai (ketika sudah berhasil mengambil data), untuk unit master tinggal mematikan saklar. Tetapi, untuk unit slave perlu dibuka botolnya lalu mencabut header pin esp32. Tentu orang awam akan kesulitan mencabut pin header esp32 apalagi belum berpengalaman. Sehingga, dari segi keamanan di unit slave harus ditingkatkan.

Dari segi kehandalan, alat kami tinggal menyalakan saklar unit master dan menghubungkan pin header esp32 di unit slave serta menyalakan hotspot agar bisa mencari data. Begitu koneksi bluetoothnya terhubung maka alat langsung bekerja. Kami menguji coba berkali-kali secara berulang-ulang, asalkan jarak antara unit master dan slave sekitar 1 meter,

maka koneksi akan terhubung dan tergolong handal. Tetapi jika jarak antara unit master ke slave mencapai 2 meter atau lebih, ada kemungkinan koneksi bluetoothnya tidak akan pernah tersambung, sehingga tidak handal. Oleh karena itu untuk pengoperasian di awal, diusahakan unit master dan slave dibuat berdekatan terlebih dahulu agar bisa bekerja.

Untuk potensi pemasaran, jika dibandingkan alat kompetitor (10 juta rupiah) yang masih menggunakan cara manual (menggunakan meteran 150 meter yang ada buzzer lampu jika terkena air) dan pencatatannya juga harus manual, maka alat kami jauh lebih canggih karena alat kami juga bisa sampai 150 meter asalkan tali tambangnya disambung lagi dengan yang lebih panjang. Bukan hanya itu, pendeteksian oleh alat kami sudah otomatis dan data kedalaman akan terunggah otomatis ke website serta tercatat detailnya. Alat kami juga jauh lebih murah, yaitu kurang dari dua juta rupiah. Tapi memang, pasar pemasarannya adalah orang yang mengerti sedikit elektro, untuk mengoperasikannya, orang awam akan kesulitan memakai alat kami, tapi di samping itu, harganya jauh lebih rendah.

Untuk potensi umurnya, untuk unit master bisa bekerja sampai 5 tahun jika sehari diambil data dua kali. Unit master butuh penggantian aki tiap 5 tahun karena masa pakai aki yang terbatas (sudah dicharge-discharge berulang-ulang, maka life cycle habis). Sementara itu, untuk unit slave bisa jauh lebih lama dari 5 tahun karena life cycle baterai 18650 jauh lebih banyak serta energi yang dipakai unit slave jauh lebih hemat.

Untuk potensi skalabilitasnya, pertama-tama alat ini harus dibuat lebih handal lagi, lebih mudah pengoperasiannya, serta lebih kokoh dari rangka strukturnya. Setelah ketiga hal tersebut tercapai, barulah bisa dibicarakan potensi skalabilitasnya, yaitu bisa untuk sumur yang dalam (ratusan meter) dan bila dikomersilkan bisa meraup untung yang besar dengan modal kurang dari dua juta rupiah (bila dibandingkan dengan merek kompetitor yang harganya 10 juta rupiah tapi pemakaian alat dan pencatatannya masih manual). Selain itu, konsumen akan semakin tertarik pada alat ini karena kemampuannya mendeteksi kedalaman air yang dalam, bisa tercatat secara online, tinggal menunggu data keluar, dan harganya yang cenderung lebih murah.

BAB 5

KESIMPULAN

Ada beberapa kesimpulan yang dapat kita ambil dalam melakukan penyusunan proposal rancangan proyek monitoring kedalaman air tanah ini yang dapat direpresentasikan dalam bentuk poin poin penting, salah satunya yaitu:

1. Rancangan sistem monitoring kedalaman air tanah disini dapat digunakan untuk mengetahui parameter ketersediaan air tanah sehingga dapat mengaplikasikan strategi penghematan air dalam upaya untuk memberikan efektivitas dan efisiensi dari penggunaan air.
2. Perkiraan anggaran yang dikeluarkan dalam melakukan perancangan proyek ini kurang lebih Rp2.000.000 dengan asumsi semua komponen dan peralatan yang dibutuhkan sudah lengkap.
3. Rancangan proyek ini dapat diselesaikan dengan baik hingga ke tahap pembuatan laporan akhir dalam waktu kurang lebih 3 bulan dimulai pada bulan September hingga November tahun 2023.
4. Data hasil pengukuran ini nantinya akan ditampilkan via website menggunakan mikrokontroller ESP32 dalam bentuk grafik.
5. Data yang ditampilkan dalam perancangan proyek ini bersifat realtime dan bisa diakses kapanpun dimanapun.

DAFTAR PUSTAKA

G. A. Kristanto, C. Priadi, N. Suwartha, E. Bahsan, and A. Udhiarto, "Lessons learned in developing a green environment at the Engineering Faculty, University of Indonesia," *MATEC Web of Conferences*, vol. 101, p. 04008, 2017, doi: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201710104008>

Jurnal ini menjelaskan mengenai penelitian kedalaman dan kualitas air tanah di FTUI di mana kantin dahulu masih membuang air ke tanah, sehingga berpotensi memperburuk air tanah. Jurnal ini menggunakan sensor tekanan sebagai pengukur kedalaman dan sanggup bertahan berbulan-bulan. Proposal kelompok kami dibuat dengan melakukan reverse-engineer terkait jurnal ini, sehingga dapat memenuhi tujuan pendeteksian kedalaman air tanah.

GeoScience Videos, www.youtube.com, "Where is the Water Table?" [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=UfgyJkmZgK8&list=LL&index=18>.

Melalui video ini, kelompok kami mengambil ilmu berupa pengertian water table atau air tanah. Selain itu, terdapat pula demonstrasi cara mendeteksi kedalaman air tanah menggunakan cara sederhana, yaitu menurunkan probe air ke dalam sumur, kemudian ketika indikator air menyala, tali yang sudah ada ukuran kedalamannya dicatat. Kelompok kami akan menerapkan hal ini, tetapi dengan versi otomatis, yaitu pendeteksian yang tercatat mikrokontroller, pengukuran panjang yang akurat, serta pengoperasian tanpa bantuan manusia.

Tech StudyCell, www.youtube.com, "IoT Based Water Level Monitoring system using ESP32 Blynk & Ultrasonic Sensor" [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=9geREeE13jc>.

Melalui video ini, kelompok kami mengambil ilmu berupa cara mendeteksi kedalaman air menggunakan sensor ultrasonik di mana sensor ditaruh di muka tanki. Namun, untuk pengimplementasian sumur akan sedikit berbeda, di mana sensor akan diulur pada jarak tertentu, lalu untuk mendefinisikan jarak bisa dengan panjang tali yang diulur ditambah dengan jarak yang dideteksi sensor ultrasonik.