

# Prototipe Sistem Monitoring Level Cairan BBM Pada Tangki Pendam SPBU Menggunakan *Internet of Things* (IoT)

Mareta Suci Ningtyas<sup>1</sup>, Triuli Novianti<sup>2</sup>, Winarno<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surabaya

E-mail: <sup>1</sup>retata72@gmail.com, <sup>2</sup>triuli.novianti@ft.um-surabaya.ac.id, <sup>3</sup>winarno@ft.um-surabaya.ac.id

**Abstrak**— Saat ini, ketersediaan bahan bakar minyak (BBM) bagi masyarakat sangat penting. Salah satu cara untuk mengantisipasi keterlambatan pasokan dan kekosongan stok BBM pada stasiun pengisian bahan bakar (SPBU) adalah dengan memantau level cairan BBM secara berkala dengan alat ukur *Stick Sounding Meter* yang dicelupkan di dasar tangki. Monitoring menggunakan konsep *Internet of Things* (IoT) yang dapat mengintegrasikan perangkat sistem pengawasan dengan jaringan internet. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonik yang dipasang secara horizontal pada permukaan cairan tangki untuk mendeteksi jarak level cairan dan NodeMCU ESP32 untuk berkomunikasi dengan *ThingSpeak*, perangkat IoT. Apabila jumlah cairan dalam tangki kurang dari 20% dari kapasitasnya, hasil pengujian akan ditampilkan secara *realtime* pada *ThingSpeak* dan notifikasi akan dikirim ke lapangan. Oleh karena itu, baik petugas SPBU di lapangan maupun admin dapat memonitor dengan lebih efisien. Uji sensor ultrasonik, tingkat ketepatan pengiriman data, dan tingkat cairan BBM adalah beberapa tahapan yang dilakukan. Tangki 1 memiliki tingkat akurasi 97,066%, dan tangki 2 memiliki tingkat akurasi 95,451%.

**Kata Kunci** — *Monitoring, Level cairan, Sensor Ultrasonik, NodeMCU ESP8266, Tangki Pendam*

## I. PENDAHULUAN

Bahan bakar minyak, atau BBM, adalah salah satu produk dari sumber daya alam minyak dan gas bumi yang telah diproses dari minyak mentah atau bumi. Minyak bumi sendiri adalah campuran kompleks dari berbagai hidrokarbon, dan pasal 3 dari Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi menyatakan: “Penyelenggaraan kegiatan usaha Minyak dan Gas Bumi bertujuan antara lain menjamin efisiensi serta efektivitas tersedianya minyak dan gas bumi baik sebagai sumber energi maupun sebagai bahan baku untuk kebutuhan dalam negeri dan pelaksanaan serta pengendalian usaha pengolahan, pengangkutan, penyimpanan dan niaga secara akuntabel.”

Dalam pasal 8 ayat (2) menyatakan bahwa, “Pemerintah wajib menjamin ketersediaan dan kelancaran pendistribusian Bahan Bakar Minyak yang merupakan komoditas vital dan menguasai hajat hidup orang banyak di seluruh wilayah NKRI. Untuk itu Pemerintah berkewajiban untuk menjamin agar selalu tersedia cadangan BBM Nasional dalam jumlah cukup untuk jangka waktu tertentu.” [1]

Setiap SPBU memiliki tangki pendam, juga dikenal sebagai tangki bawah tanah, yang digunakan untuk menyimpan berbagai jenis bahan bakar minyak (BBM) seperti Peralite, Pertamina, Dexlite, dan Solar [2]. Sebuah contohnya adalah SPBU 53.672.22 di Jl. Soekarno Hatta

No. 102, Kota Probolinggo, yang memiliki lima tangki pendam yang terbuat dari baja antikorosi yang memiliki kapasitas 30 KL (3 unit) dan 20 KL (2 unit). Tangki pendam ini harus diletakkan di dalam lubang galian bawah tanah dan bagian penutup atau kompartemennya harus dikelilingi oleh beton dengan ketebalan minimal 150 mm. Untuk membedakannya dari tangki BBM lainnya, tangki pendam dan kompartemennya harus diberi tanda yang jelas.

Karena posisinya yang berada di bawah tanah, hampir semua SPBU di Kota Probolinggo, seperti yang ditunjukkan dalam survei, masih menggunakan metode manual untuk memeriksa stok BBM. Untuk melakukannya, alat ukur *Stick Sounding Meter* dicelupkan ke dalam tangki pendam, dan batas antara bagian *Stick Sounding Meter* yang tercelup BBM digunakan sebagai indikator ketinggian BBM dalam tangki pendam.

Karena memungkinkan keterlambatan pengiriman bahan bakar ke SPBU dan mengingat kebutuhan bahan bakar masyarakat yang terus meningkat, sangat penting untuk mengetahui stok bahan bakar di SPBU ini. Untuk mengetahui stok BBM yang sebenarnya, diperlukan sebuah sistem yang dapat memonitor BBM pada SPBU. Sistem untuk memantau tingkat cairan dalam tangki telah dikembangkan dalam beberapa penelitian sebelumnya. Teknologi gelombang ultrasonik, SMS gateway, aplikasi Blynk, modul WiFi NodeMCU ESP32 berbasis mikrokontroler, dan konsep IoT adalah semua komponen yang digunakan dalam desain sistem ini. Salah satu contohnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Hadi Septia Sendi pada tahun 2018 tentang bagaimana membuat sistem untuk melacak jumlah sisa volume minyak di tank bawah tanah. Pengukuran volume minyak dilakukan menggunakan mikrokontroler Arduino UNO sebagai pusat kontrol, dan hasilnya ditampilkan pada LCD 16x2 karakter dan buzzer.

Studi yang dilakukan oleh Nuril Alawi dan Indah Sulistiyowati menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian bahan bakar di dalam tandon SPBU yang berbasis IoT. Aplikasi Blynk dapat menampilkan hasil pengukuran [3]. Dalam penelitian mereka tentang pengukuran volume tangki pendam BBM menggunakan Metode Luas Lingkaran dan Tembereng, Tianur dkk menampilkan parameter volume minyak tangki pendam pada halaman web dan mengirimkan peringatan saat level tangki rendah. Karena hasil pembacaan alat tidak dapat diakses dari jarak jauh, penelitian ini memiliki kelemahan [4].

Fokus penelitian ini adalah tentang IoT yang merupakan salah satu teknologi yang paling berkembang

dalam revolusi industri 4.0. IoT memungkinkan setiap objek yang dimiliki untuk terhubung ke internet, sehingga mereka dapat mengontrolnya dari jarak jauh melalui *smartphone* atau bahkan perintah suara. Penggunaan IoT pada SPBU dianggap cukup efektif karena petugas SPBU atau Pertamina terdekat dapat menggunakan sistem monitoring IoT pada tangki pendam untuk mengetahui apakah stok bensin masih cukup atau sudah menipis [5][6]. Selain itu, sistem ini dapat mengirimkan sinyal ke depo terdekat untuk mengirimkan pasokan tambahan. Akibatnya, Pertamina akan segera mengirimkan pasokan bahan bakar minyak (BBM) ke SPBU pemesan tersebut.

Sensor ultrasonik dan IDE Arduino digunakan untuk mengolah data; NodeMCU ESP32 digunakan untuk berkomunikasi dengan aplikasi IoT pendukung seperti *ThingSpeak* [7]. Sistem ini dimaksudkan untuk menggabungkan instrumen pengukuran cairan pada tangki pendam SPBU dengan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT). Tujuannya adalah untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas manajemen SPBU. Alat untuk memantau tingkat minyak dalam tangki pendam SPBU telah dikembangkan dalam penelitian ini. Alat ini dapat mengukur dan menghitung tingkat minyak dalam tangki secara otomatis dan menampilkan data tersebut di web dan aplikasi Android. Selain itu, jika terjadi kesalahan, tingkat minyak dalam tangki mendekati habis, atau jika keluaran data tidak sesuai dengan harapan.

Permasalahan pada penelitian ini adalah pengiriman data dari sistem prototipe berbasis *Internet of Things* (IoT) ke web server dan akurasi sensor ultrasonik pada sistem prototipe yang dimaksudkan untuk memantau level cairan bahan bakar minyak dalam tangki pendam SPBU. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang suatu sistem yang dapat menginformasikan ketepatan pengiriman data dari prototipe sistem monitoring level cairan bahan bakar minyak dalam tangki pendam SPBU ke *web server* yang berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Penelitian ini dapat membantu petugas SPBU mengukur ketinggian BBM pada tangki pendam dengan tepat dan mempermudah proses memonitor ketersediaan BBM pada tangki pendam SPBU. Ini adalah bagian dari upaya untuk mencegah kekosongan BBM pada SPBU untuk memberikan layanan terbaik kepada masyarakat.

Desain dan penerapan alat yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi oleh hal-hal berikut: sensor ultrasonik, komunikasi satu arah dengan webserver, pengujian prototipe menggunakan media air daripada BBM asli, dan tidak ada sumber daya listrik cadangan.

## II. BAHAN DAN METODE

Rencana penelitian pada Gambar 1, terdiri dari studi literatur, yaitu serangkaian tindakan yang mencakup membaca, mencatat, dan mengumpulkan data dari pustaka, serta mengelola bahan penelitian [8]. Perancangan Alat kemudian dibagi menjadi dua tahap: perancangan dan pembuatan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Selanjutnya, pembuatan alat adalah pembuatan prototipe yang dapat mengidentifikasi tingkat BBM dalam tangki pendam dan menampilkan kesalahan jika terjadi masalah. Pengujian

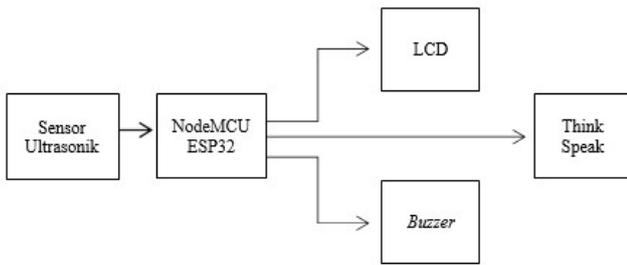
data dilakukan untuk mengetahui seberapa baik alat yang dibuat berfungsi. Terakhir, Analisa dan Evaluasi: Pada tahap ini, peneliti menganalisis hasil pengujian dan mengevaluasi sistem untuk mengetahui apakah berfungsi sebagaimana mestinya.



Gambar 1. Flowchart Penelitian  
(Sumber: Dokumen Pribadi)

## Konsep Desain Sistem

Mikrokontroler ESP32, yang dilengkapi dengan modul *Wi-Fi* bawaan, digunakan dalam prototipe ini. Alat penelitian ini juga menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian BBM melalui pantulan objek terhadap sensor. Sensor ini bekerja dengan *metode time of flight*, yang berarti waktu yang berlalu antara gelombang ultrasonik yang dikirim oleh pemancar dan gema yang diterima oleh penerima [9].



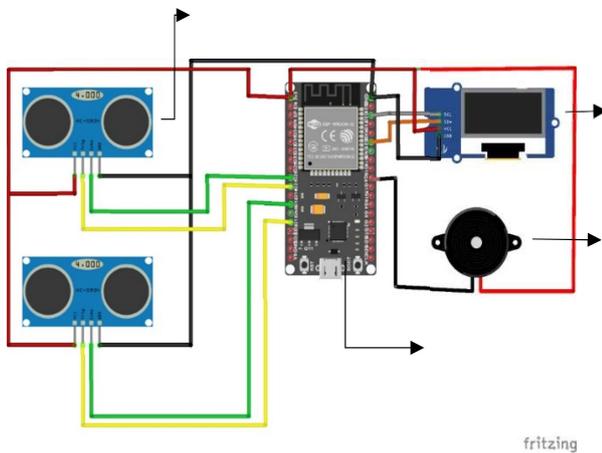
Gambar 2. Blok Diagram

Ketinggian permukaan BBM diukur oleh sensor ultrasonik oleh NodeMCU ESP32. Kemudian, data yang telah diproses dikirim ke LCD dan *ThingSpeak* oleh NodeMCU ESP32. Sementara itu, buzzer berfungsi sebagai output dan akan aktif jika ada notifikasi yang diancar hingga gema pertama kali diterima oleh penerima. Konsep desain sistem ini ditunjukkan pada Gambar 2.

### Desain Hardware

Desain hardware ini dibuat dengan aplikasi Fritzing ditunjukkan pada Gambar 3. Tujuan dari perancangan hardware adalah untuk meletakkan rangkaian elektronik yang digunakan. NodeMCU ESP32, Sensor Ultrasonik HC-SR04, Power Supply, Buzzer, dan LCD OLED di bagian depan digunakan sebagai antarmuka. Tegangan suplai sebesar 3-5V DC. Pin Ground pada Sensor Ultrasonik dihubungkan dengan pin Ground NodeMCU sebagai sumber tegangan negatif sensor, sementara pin VCC pada sensor dihubungkan dengan pin 5V pada NodeMCU sebagai sumber tegangan positif sensor.

Berikut adalah wiring hardware prototipe alat:

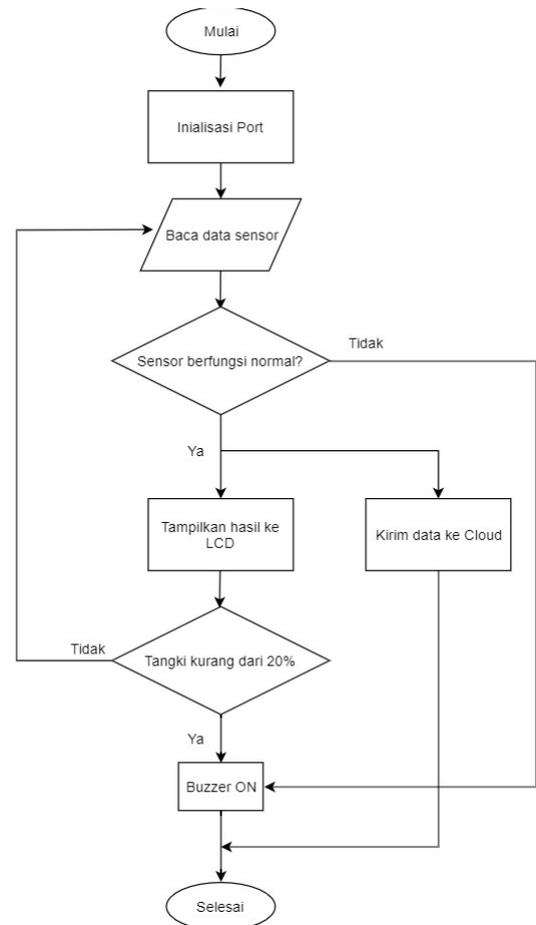


Gambar 3. Wiring Hardware

### Desain Software

Dalam desain program ini, ada dua tahap. Pertama, pemrograman NodeMCU ESP32 menggunakan aplikasi Arduino IDE untuk menghitung nilai volume cairan. Tahap ini memulai proses kerja sistem dengan menghubungkan NodeMCU ESP32 ke jaringan internet, yang memungkinkan perangkat lunak dan perangkat keras berkomunikasi satu sama lain. Setelah terhubung, data

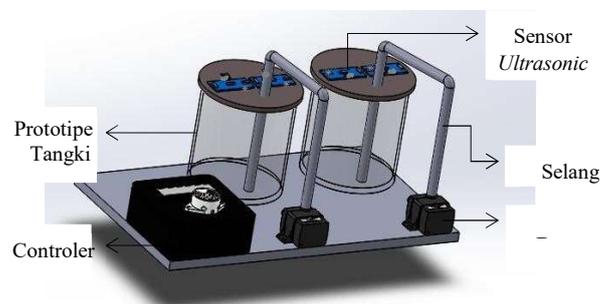
yang dibaca oleh sensor segera diproses dan dikirim ke web server yang ada di *website ThinkSpeak* [10].



Gambar 4. Flowchart Sistem

### Desain Produk

Ini adalah desain produk dari alat penelitian yang akan dibuat oleh peneliti. Desain alat ini pada Gambar 5, dibuat menggunakan SOLIDWORKS.



Gambar 5. Desain Alat

Alat ini berukuran 40 cm panjang dan 40 cm lebar. Prototipe disimulasikan dengan dua gelas ukur volume 3 liter. Alat penelitian ini menggunakan adaptor sebagai sumber daya. Di bagian atas gelas ukur, sensor ultrasonik

memantulkan gelombang untuk mengukur jarak antara cairan dan LCD menampilkan nilai volume cairan.

### Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

- Pengujian dilakukan untuk memastikan apakah ada kesalahan sistem dan apakah alat dapat berfungsi dengan baik.
1. Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04
  2. Pengujian level cairan
  3. Pengujian buzzer
  4. Pengujian ketepatan pengiriman data dari *sensor reading* ke *web server*

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

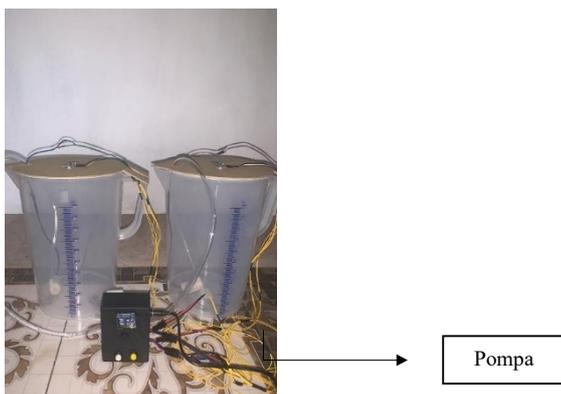
### Hasil Rancangan Produk

Setelah menyelesaikan tahapan desain rancangan dan memilih komponen, tahap perwujudan alat, yang merupakan pembuatan dan perakitan dari desain rancangan yang telah dibuat, menghasilkan hasil seperti



berikut :

Gambar 6. Hasil Rancangan Alat Tampak Atas



Gambar 7. Hasil Rancangan Alat Tampak Samping

Gambar 6 menunjukkan bahwa satu sensor ultrasonik digunakan pada masing-masing tangki atau gelas ukur, bersama dengan pompa yang mengeluarkan air dari tangki.

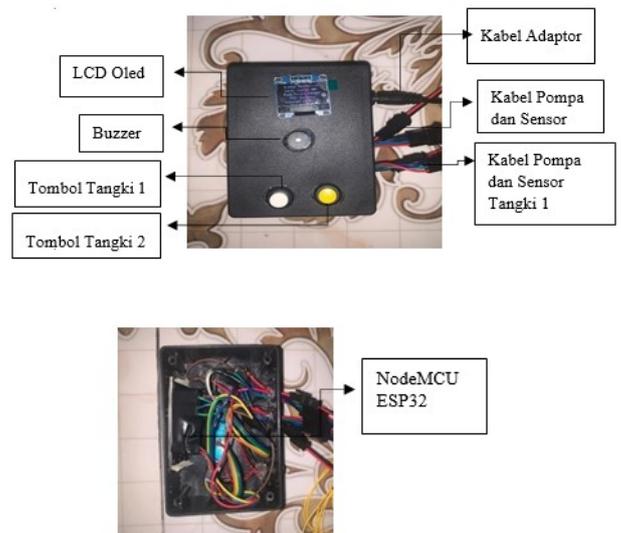
Level cairan dalam tangki secara *real-time* dicatat oleh sensor ultrasonik, yang kemudian ditampilkan pada LCD seperti pada Gambar 7.

### Hasil Rancangan Mekanik

Pembuatan mekanik mencakup pembuatan kotak berukuran 10 cm x 7,5 cm x 3,2 cm untuk menampung sistem ESP32 minimal, buzzer, tombol, dan LCD OLED yang menampilkan nilai volume cairan. Prototipe menggunakan dua gelas ukur volume 5 liter dengan sensor ultrasonik di bagian atasnya.

### Hasil Rancangan Hardware

Hasil dari rancangan *hardware* dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Flowchart Sistem

### Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 perlu dilakukan pengujian menggunakan alat ukur standar untuk memastikan keakuratannya dalam pengukuran ketinggian air. Alat ukur standar yang digunakan sebagai perbandingan yaitu Mistar. Nilai error pada sensor ultrasonik HC-SR04 dapat diketahui dari hasil perbandingan tersebut. Data perbandingan Sensor HC-SR04 dengan alat ukur standar berupa Mistar pada Tabel 1.

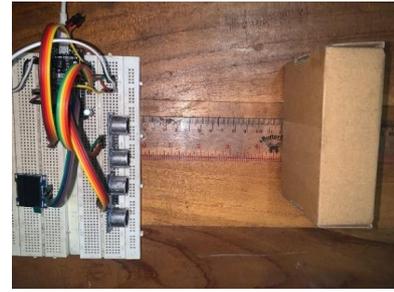
Penggunaan penghalang sejajar dengan sensor ultrasonik sebagai objek pemantul memungkinkan pengambilan data pada pengujian sensor ultrasonik. Hingga mesin dimatikan (selesai), sensor ultrasonik akan terus memberikan data jarak antara sensor dan objek pantul dalam satuan desimal "cm". Setelah itu, mistar digunakan untuk membandingkan hasil pengukuran dengan nilai yang diperoleh dari berbagai monitor. Gambar 9 menunjukkan prosedur pengujian sensor ultrasonik.

Percobaan ke-	Sensor Ultrasonik HC-SR04 (cm)	Alat Ukur Standar (cm)	Koreksi (cm)	Error (%)
1	2,95	3	0,05	1,667
2	4,89	5	0,11	2,200
3	6,5	7	0,5	7,143
4	8,8	9	0,2	2,222
5	10,5	11	0,5	4,545
6	12,86	13	0,14	1,077
7	14,9	15	0,1	0,667
8	16,55	17	0,45	2,647
9	18,45	19	0,55	2,895
10	20,37	21	0,63	3,000
Total Error				28,06
Rata-rata Error				2,806

Gambar 9. Pengujian Sensor

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

alat ukur standar (Mistar) sebanyak sepuluh data pada



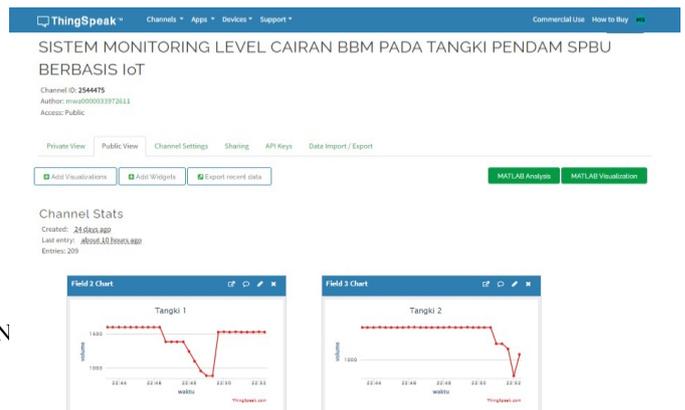
jarak 3 hingga 21 cm dengan menggunakan bilangan desimal. Karena sensor ultrasonik memiliki karakteristik yang minimum untuk mendeteksi jarak 0,02 m atau 2 cm, hasil pengujian menunjukkan bahwa ada perbedaan yang tidak terlalu signifikan.

### Hasil Pengujian Level Cairan

Dalam pembuatan prototipe ini, wadah berbentuk tabung memiliki diameter bawah 15 cm, diameter atas 18 cm, dan tinggi 27 cm. Tinggi maksimal yang digunakan dalam penelitian ini adalah 20,99 cm, jadi nilai volume cairan harus dihitung terlebih dahulu, dan kemudian hasilnya akan dikonversi menjadi persentase. Level cairan yang dibaca sensor digunakan untuk mengumpulkan data dan menghitung nilai % error. Volume tangki yang digunakan hanya sebesar 4500 cm<sup>3</sup> dari volume sebenarnya sebesar 5000 cm<sup>3</sup>. Volume maksimum ini diambil untuk memastikan jarak aman antara kabel dan tangki. Pada prototipe ini, jarak minimum instalasi kabel tegangan tinggi bawah tanah dengan tangki penyimpanan BBM adalah 1,5 m, sehingga perbandingan 1/300 dari jarak minimum instalasi sebenarnya. Jadi jarak aman instalasi kabel pada prototipe sebesar ±5 cm dengan permukaan volume maksimum [11].



Gambar 10. Tampilan Jarak Permukaan Cairan pada Tangki yang Terbaca oleh Sensor Ultrasonik



Untuk mengetahui nilai keakuratan sensor ultrasonik dan media pantul yang digunakan berbentuk balok, Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian sensor ultrasonik dengan

Gambar 11. Tampilan Hasil Pengujian Level Cairan Tangki 1 dan 2 di *ThingSpeak*

Tabel 2. Hasil Pengujian Level Cairan (1)

No	Tangki 1			Tangki 2		
	Tinggi Permukaan Cairan (cm)	volume (ml)	Level Cairan (%)	Tinggi Permukaan Cairan (cm)	volume (ml)	Level Cairan (%)
1	4,88	4609	102,42	5,87	4508	100,18
2	6,8	4120	91,56	8,13	3932	87,38
3	9,1	3536	78,58	10,19	3409	75,76
4	10,8	3104	68,98	11,54	3064	68,09
5	13,16	2503	55,62	13,6	2540	56,44
6	15,2	1984	44,09	15,66	2017	44,82
7	17,44	1413	31,40	16,93	1694	37,64
8	19,04	1007	22,38	19,17	1123	24,96
9	21,27	440	9,78	21,4	556	12,36
10	24,23	0	0,00	24,08	0	0,00

Tujuan dari pengujian buzzer ini adalah untuk mengetahui

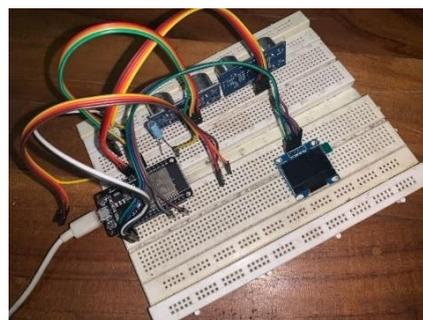
No	Waktu di layar alat	Waktu di <i>ThingSpeak</i>	Selisih waktu(detik)
1	10.13.41	10.13.41	0
2	10.13.46	Tidak Tersedia	Pengiriman Data Gagal
3	10.13.55	Tidak Tersedia	Pengiriman Data Gagal
4	10.14.06	10.14.06	0
5	10.14.16	Tidak Tersedia	Pengiriman Data Gagal
6	10.14.26	10.14.26	0
7	10.14.36	Tidak Tersedia	Pengiriman Data Gagal
8	10.14.46	10.14.46	0
9	10.14.56	Tidak Tersedia	Pengiriman Data Gagal
10	10.15.06	10.15.07	0

fungsi buzzer dalam kaitannya dengan listing program yang dibuat dengan Arduino IDE. Dalam pengujian ini, buzzer akan aktif atau ON jika sensor mendeteksi tingkat cairan kurang dari 20%, atau setara dengan 900 ml, dan buzzer akan OFF jika tingkat cairan lebih dari 20%. Tabel pengujian buzzer adalah seperti berikut:

Tabel 3. Hasil Pengujian Buzzer

Tabel 2. Hasil Pengujian Level Cairan (2)

Tangki (Sebenarnya)			<i>Error Level Cairan 1 (%)</i>	<i>Error Level Cairan 2 (%)</i>
Tinggi Permukaan Cairan (cm)	volume (ml)	Level Cairan (%)		
20,998	4500	100	-2,422	-0,178
18,665	4000	88,89	-3,000	1,700
16,332	3500	77,78	-1,029	2,600
13,999	3000	66,67	-3,467	-2,133
11,666	2500	55,56	-0,120	-1,600
9,332	2000	44,44	0,800	-0,850
6,999	1500	33,33	5,800	-12,933
4,666	1000	22,22	-0,700	-12,300
2,333	500	11,11	12,000	-11,200
0,000	0	0,00	0,000	0,000



Percobaan ke-	Level Cairan (ml)	Buzzer
1	100	ON
2	300	ON
3	500	ON
4	700	ON
5	900	ON
6	1100	OFF
7	1300	OFF
8	1500	OFF
9	1700	OFF
10	2000	OFF

### Hasil Pengujian Ketepatan Pengiriman Data dari Pembacaan Sensor Ke Web Server

Untuk melakukan prosedur pengujian, pengiriman data dari NodeMCU ke web server diuji pada sistem. Ini dilakukan untuk mengevaluasi unjuk kerja pengiriman data. NodeMCU adalah jalur akses di sisi transmitter, dan *ThingSpeak* adalah sisi penerima, yang sudah terhubung ke laptop.

Program yang dibuat dengan IDE Arduino Data diambil dari serial monitor (waktu di alat penelitian) dan waktu yang ditampilkan di layar web server *ThingSpeak*. Kemudian, algoritma menghitung koreksi. Dalam waktu nyata, nilai ketepatan pengiriman data akan dikirim ke *ThingSpeak*. Pengujian dimulai pada hari Jum'at tanggal 10 Mei 2024 jam 09:26:04 dan berakhir pada jam selesai. Untuk menilai kinerja, pengujian dilakukan dengan mengumpulkan sepuluh data pada masing-masing periode pengiriman waktu, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 5 dan Tabel 6.

Gambar 12. Pengujian Ketepatan Pengiriman Data

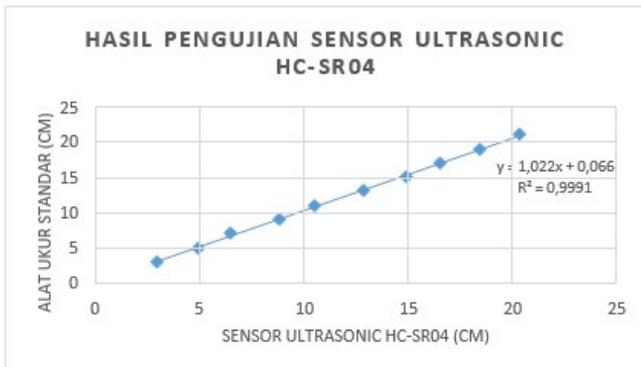
Tabel 4. Hasil Pengujian Level Cairan

Tabel 5. Ketepatan pengiriman data setiap 15 detik

No	Waktu di layar alat	Waktu di <i>ThingSpeak</i>	Selisih waktu (detik)
1	09.36.21	09.36.21	0
2	09.36.31	Tidak Tersedia	Pengiriman Data Gagal
3	09.36.46	09.36.46	0
4	09.37.01	09.37.01	0
5	09.37.16	Tidak Tersedia	Pengiriman Data Gagal
6	09.37.31	09.37.31	0
7	09.37.46	Tidak Tersedia	Pengiriman Data Gagal
8	09.38.01	09.38.01	0
9	09.38.16	Tidak Tersedia	Pengiriman Data Gagal
10	09.38.31	09.38.31	0

Tabel 6. Ketepatan pengiriman data setiap 19 detik

No	Waktu di layar alat	Waktu di <i>ThingSpeak</i>	Selisih waktu (detik)
1	10.08.43	10.08.43	0
2	10.08.59	10.08.59	0
3	10.09.16	10.09.16	0
4	10.09.35	10.09.35	0
5	10.09.54	10.09.54	0
6	10.10.13	10.10.13	0
7	10.10.32	10.10.32	0
8	10.10.41	10.10.41	0
9	10.11.10	10.11.10	0
10	10.11.29	10.11.29	0



Gambar 13. Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Dengan rumus regresi yang dihasilkan oleh grafik sesuai dengan perhitungan yaitu:

$$y = 1,022x + 0,066 \dots \dots \dots (1)$$

$$R^2 = 99,91\%$$

Koefisien korelasi menunjukkan arah, derajat, dan kekuatan hubungan antara dua variabel, yaitu alat ukur standar dan sensor ultrasonik. Ada kemungkinan bahwa sensor ultrasonik HC- SR04 akurat karena nilainya dibandingkan dengan alat ukur standar menunjukkan grafik linier pada Gambar 13. Ini karena koefisien kolerasinya adalah 0,9991. Data yang dikumpulkan lebih valid ketika lebih dekat dengan nilai 1.

Oleh karena itu, ada hubungan antara sensor ultrasonik (X) dan alat ukur standar (Y) yang memenuhi kriteria "sangat kuat", yang berarti bahwa ada hubungan searah (simetris) antara alat ukur standar (Y) dan sensor ultrasonik (X) sebesar 99,91%, dan variabel tambahan yang memengaruhi sisa 0,0879%.

### Pengujian Level Cairan

Pengujian tingkat cairan ini mengukur ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik yang dipasang secara horizontal. Volume air yang dapat ditampung sesuai dengan volume gelas ukur, yaitu 5 liter. Namun, untuk mengoptimalkan pengoperasian dan mensimulasikan penerapan K3 pada SOP Perencanaan Lokasi Tangki Pendam, jarak minimum instalasi jalur kabel tegangan tinggi bawah tanah dengan tangki penyimpanan BBM

	BEBAS Untuk evaluasi layanan komersial terbatas waktu	STANDAR Untuk semua kegiatan komersial, pemerintah dan organisasi pendidikan
Dapat dikalikan untuk proyek yang lebih besar	✗ Tidak, Penggunaan tahunan dibatasi.	✓
Jumlah pesan	3 juta/bulan (+2.200/hari) <sup>10</sup>	20 juta/bulan per unit (+50.000/hari per unit) <sup>10</sup>
Batas interval pembaruan pesan	Setiap 15 detik	Setiap detik
Jumlah saluran	4	200 per satelitnya
Batas Waktu Hitung MATHLAB	20 detik	60 detik
Berbagi saluran pribadi	Terbatas hanya 3 share	Tak terbatas
Dukungan teknis	Dukungan Komunitas	Dukungan Matematika standar
Ukuran gambar maksimal	✗ Foto gambar tidak tersedia	5 MB
Pesan yang digunakan per gambar	✗	100

adalah 1,5 m. Oleh karena itu, ketinggian yang diperlukan adalah ±1,5 mm dari ketinggian gelas ukur untuk mencapai volume maksimal.

Berdasarkan hasil Pengujian pada Tabel 2 dapat diperoleh nilai akurasi dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Nilai Rata - rata error Tangki 1} = 0,786\%$$

$$\text{Nilai Rata - rata error Tangki 2} = 3,689\%$$

$$\text{Akurasi Tangki 1} = 100\% - 0,786\% = 99,214\%$$

$$\text{Akurasi Tangki 2} = 100\% - 3,689\% = 96,311\%$$

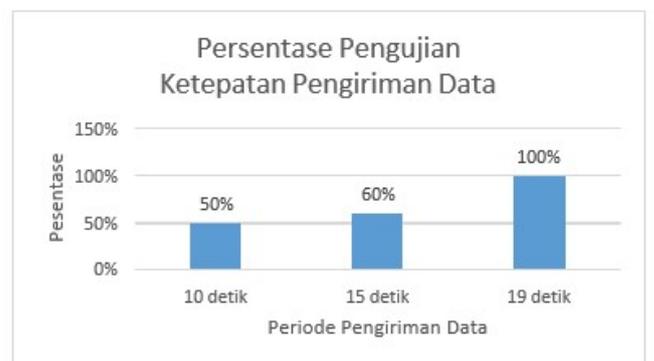


Gambar 14. Grafik Persentase Hasil Pembacaan Level Cairan

Pengujian dilakukan dengan mengambil sepuluh data pada dua tangki sekaligus. Karena tingkat keakurasian sensor yang terbatas, tangki 1 memiliki hasil kesalahan rata-rata 0,786% dan tangki 2 memiliki hasil kesalahan rata-rata 3,689% dalam data pengukuran volume cairan tangki pada setiap pengukuran 500 mm.

### Pengujian Ketepatan Pengiriman Data Dari Pembacaan Sensor Ke Web Server

Tabel 5 dan 6 menunjukkan bahwa rata-rata selisih waktu pengiriman data dari alat penelitian ke *ThingSpeak* adalah 0 detik. Tabel ini dapat digunakan untuk membuat grafik sebagai berikut.



Gambar 15. Hasil Persentase Pengujian Ketepatan Pengiriman Data

Gambar 16. Ketentuan Lisensi pada *ThingSpeak*

Pengujian dilakukan dengan mengirimkan data ke *ThingSpeak* tiga kali, dan hasilnya menunjukkan beberapa

kesalahan data. Khususnya, pada interval 10 dan 15 detik, *ThingSpeak* menerima hanya 50% data, sementara pada interval 15 detik, 60% data diterima, dan pada interval 19 detik, semua data diterima. Kondisi ini dipengaruhi oleh fitur yang ada pada server *ThingSpeak* versi gratis. Fitur ini membatasi jumlah data yang dapat dikirim dan memperlambat pembaruan data (hanya satu kali setiap 15 detik). Akibatnya, jika pengiriman dilakukan setiap 15 detik atau lebih, dan waktu pengiriman minimal 19 detik untuk pengujian ini, platform *ThingSpeak* akan menerima lebih banyak data.

### Pengujian Keseluruhan

Tujuan dari pengujian sistem keseluruhan adalah untuk memastikan bahwa sistem monitoring level BBM pada tangki bahan bakar minyak agar dapat beroperasi sesuai harapan. Gambar 6 dan 7 menunjukkan hasil perancangan sistem. Pengujian dimulai dengan memberikan tegangan ke prototipe untuk mengaktifkan seluruh sistem. Untuk memulai proses ini, pin input dan output pada NodeMCU ESP8266 harus diaktifkan dengan Arduino IDE. Selanjutnya, NodeMCU ESP8266 akan menghubungkan perangkat ke jaringan Wi-Fi.

Untuk mensimulasikan kondisi sebenarnya dengan dua jenis bahan bakar yang berbeda, dua tangki digunakan. Sensor Ultrasonik memantau tingkat cairan dalam tangki secara real-time, dan pompa mengurangi air di dalamnya. Data sensor dikirim ke platform *ThingSpeak* melalui kabel USB, yang kemudian terhubung ke jaringan Wi-Fi untuk mengirimkan sinyal atau data dari setiap sensor yang ada di tangki ke platform *ThingSpeak*. Selain itu, data tersebut ditampilkan pada LCD OLED.

Pada titik ini, analisis pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan dua sistem dengan alat ukur konvensional seperti gelas dan meteran. Dalam pengujian pertama, kinerja Sensor Ultrasonik HC-SR04 dievaluasi untuk mengukur jarak atau tinggi cairan dalam tangki. Hasil pengujian untuk level dan volume tangki ditampilkan pada Gambar 9 dan Tabel 1. Pengujian kedua mengevaluasi kinerja pembacaan volume cairan yang telah dikonversi menjadi satuan mililiter (ml) dan persentase akurasi pembacaan ketinggian cairan oleh sensor di tangki, yang ditunjukkan pada Gambar 9.

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3, pengujian ketiga bertujuan untuk menilai kinerja notifikasi berupa bunyi buzzer ketika sensor mendeteksi volume cairan kurang dari 20%. Pengujian terakhir berfokus pada ketepatan pengiriman data dari pembacaan sensor yang ditampilkan di web server. Karena sistem ini menggunakan pengiriman data secara real-time, perlu mengantisipasi keterlambatan untuk mendapatkan hasil terbaik. Oleh karena itu, diperlukan koneksi internet yang kuat untuk mencapai tujuan ini. Hasil tes ditunjukkan dalam Gambar 10 dan Tabel 4 hingga 6.

Berikut adalah kesimpulan:

1. Hasil pengujian sensor ultrasonik menunjukkan ketelitian sebesar 99,91%. Nilai ini menunjukkan bahwa sensor ultrasonik memberikan hasil yang akurat.
2. Data *ThingSpeak* diperbarui secara berkala jika terhubung ke internet. Penelitian ini membutuhkan waktu minimal 19 detik untuk menerima 100% data, tanpa delay, karena koneksi internet yang cukup stabil.
3. Prototipe sistem monitoring level cairan dapat diakses melalui web server internet of things (IoT) bernama *ThingSpeak*. Alat ini dapat mengeluarkan bunyi buzzer untuk menunjukkan level cairan kurang dari 20%.
4. Pengujian level cairan pada tangki 1 menunjukkan hasil eror relatif 0,786% dengan tingkat keakuratan 97,066%, sedangkan pengujian level cairan pada tangki 2 menunjukkan hasil eror relatif 3,689 % dengan tingkat keakuratan 95,451%. Ini menunjukkan bahwa nilai eror relatif kecil dan tingkat akurasi hampir sempurna.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jannah, Miftahul. Analisis undang-undang nomor 22 tahun 2001 tentang minyak dan gas bumi ditinjau dari konsep pengelolaan kepemilikan umum dalam Islam. 2011.
- [2] Laela, Mufidatul. Analisis pengendalian internal berdasarkan coso untuk siklus persediaan bahan bakar minyak pada SPBU di Palangka Raya. 2021. PhD Thesis. IAIN Palangka Raya.
- [3] Alawi, Nuril; Sulistiyowati, Indah. Monitoring Pengukur Tinggi BBM Pada Tandon SPBU Berbasis IoT Monitoring of Fuel Height Gauge at IoT-Based Gas Stations. *Procedia of Engineering and Life Science* Vol, 2021, 1.2.
- [4] Tianur, Tianur, et al. Pengukuran Volume Tangki Pendam BBM Menggunakan Metode Luas Lingkaran dan Tembereng. *Jurnal ELEMENTER (Elektro dan Mesin Terapan)*, 2022, 8.2: 225-233.
- [5] Savitri, Astrid. Revolusi industri 4.0: mengubah tantangan menjadi peluang di era disrupsi 4.0. Penerbit Genesis, 2019.
- [6] Amane, Ade Putra Ode, et al. Pemanfaatan dan Penerapan Internet Of Things (Iot) Di Berbagai Bidang. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [7] Muhamad, Ridwan. Rancang Bangun Alat Dan Sistem Monitoring Kualitas Udara Nitrogen Dioksida. 2023.
- [8] Zed, Mestika. Metode penelitian

- kepastakaan. Yayasan Pustaka Obor Indonesia, 2008.
- [9] Sendi, Hadi Septia. Rancang Bangun Sistem Monitoring Jumlah Sisa Volume Minyak Underground Tank Berbasis Mikrokontroler. 2018.
- [10] Fahmizal, S. T., et al. Mudah Belajar Arduino dengan Pendekatan berbasis Fritzing, Tinkercad dan Proteus. Deepublish, 2022.
- [11] Sendi, Hadi Septia. Rancang Bangun Sistem Monitoring Jumlah Sisa Volume Minyak Underground Tank Berbasis Mikrokontroler. 2018.