



INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

JALAN GANESHA NO. 10 Gedung Labtek V Lantai 2 ☎ (022)2508135-36, ☎ (022)2500940
BANDUNG 40132

Dokumentasi Produk Tugas Akhir

Lembar Sampul Dokumen

Judul Dokumen	TUGAS AKHIR TEKNIK ELEKTRO: Sistem Pengelolaan TPSS di Kampus ITB Ganeshha	
Jenis Dokumen	DESAIN SISTEM	Catatan: Dokumen ini dikendalikan penyebarannya oleh Prodi Teknik Elektro ITB
Nomor Dokumen	B300-TA2223.01.011	
Nomor Revisi	003	
Nama File	B300-TA2223.01.011-002	
Tanggal Penerbitan	19 Mei 2023	
Unit Penerbit	Prodi Teknik Elektro - ITB	
Jumlah Halaman	41	(termasuk lembar sampul ini)

Data Pemeriksaan dan Persetujuan

Ditulis Nama Muhammad Morteza Jabatan
Oleh Mudrick Mahasiswa
 Tanggal 19 Mei 2023 Tanda Tangan

Nama Praveen Arvind K Jabatan
Tanggal 19 Mei 2023 Mahasiswa
 Tanda Tangan

Diperiksa Oleh	Nama Tanggal	Dr.Ir. Kusprasapta Mutijarsa, ST., MT 19 Mei 2023	Jabatan Pembimbing Tanda Tangan	Dosen
Disetujui Oleh	Name Tanggal		Jabatan Tanda Tangan	

1. DAFTAR ISI

1. DAFTAR ISI	3
2. CATATAN SEJARAH PERBAIKAN DOKUMEN	5
1 PENGANTAR	6
1.1 RINGKASAN ISI DOKUMEN	6
1.2 TUJUAN PENULISAN DAN APLIKASI/KEGUNAAN DOKUMEN	6
1.3 REFERENSI	6
1.4 DAFTAR SINGKATAN	6
2 KONSEP SISTEM	7
2.1 PILIHAN SISTEM	7
2.1.1 SISTEM 1	9
2.1.2 Sistem 2	10
2.1.3 Sistem 3	11
2.2 ANALISIS	11
2.2.1 <i>Metode dan Kriteria Analisis</i>	11
2.2.1.1 <i>Presisi</i>	11
2.2.1.2 Akurasi	11
2.2.1.3 Ketahanan	12
2.2.1.4 Biaya	12
2.2.2 Analisis konsep	12
2.3 SISTEM YANG AKAN DIKEMBANGKAN	13
3 DESAIN SISTEM	14
3.1 PEMODELAN FUNGSIONAL SISTEM	14
3.1.1 SUBSISTEM LAPISAN PERSEPSI	14
3.1.1.1 Mikrokontroler	15
3.1.1.1.1 Subsistem Akuisisi dan Pengolahan Data	16
3.1.1.1.2 Subsistem Scheduling	16
3.1.1.1.3 Subsistem Pengiriman Data	17
3.1.1.2 Subsistem Daya dan Manajemen Daya	18
3.1.2 Subsistem Lapisan Jaringan	18
3.1.3 Subsistem Lapisan Aplikasi	19
3.2 Pemodelan Tingkah Laku Sistem	20
3.3 Desain Software	24
3.3.1 Pemilihan Software Pengembangan	24
3.3.1.1 Pemilihan Platform Server Time-Series Database	24
3.3.1.2 Pemilihan Aplikasi Antarmuka	25
3.4 Pemilihan Komponen	25
3.4.1 Pemilihan Komponen Subsistem Akuisisi dan Pengolahan Data	25

3.4.1.1 Pemilihan Mikrokontroler	25
 3.4.1.2 PEMILIHAN SENSOR	26
3.4.2 Pemilihan Komponen Manajemen Daya	28
3.4.2.1 Baterai	29
3.4.2.2 Slide Switch	29
3.4.2.3 Charger Module	29
4 PENGUJIAN SISTEM	31
 4.1 Pengujian Subsistem	31
 4.1.1 Pengujian Konektivitas Sistem	31
 4.1.2 PENERIMAAN DATA KEPENUHAN TEMPAT SAMPAH	31
 4.1.3 PENERIMAAN DATA KAPASITAS BATERAI	31
 4.1.4 Pengujian Time-Series Database	32
 4.1.5 Pengujian Aplikasi Berbasis Web	32
 4.2 PENGUJIAN SPESIFIKASI	33
 4.2.1 PENGUJIAN AKURASI DAN PRESISI	33
 4.2.2 PENGUJIAN KETAHANAN AIR	33
5 JADWAL PENGERJAAN	34
6 LAMPIRAN	35

2. Catatan Sejarah Perbaikan Dokumen

VERSI, TGL, OLEH	PERBAIKAN
001, 2 Desember 2022, PAK-MMM	Penyusunan awal dokumen
002, 29 Desember 2022, PAK-MMM	<ul style="list-style-type: none">- Perincian aspek desain masing-masing alternatif- Revisi parameter penentuan alternatif yang dipilih- Revisi diagram blok fungsional sistem

1 Pengantar

1.1 Ringkasan Isi Dokumen

Dari kebutuhan yang telah disusun pada dokumen B100 dan dokumen B200, dapat ditentukan perencanaan dari konsep sistem yang akan dibuat, dan bisa dihasilkan desain sistem juga. Pengujian sistem juga direncanakan untuk perencanaan penggunaan alat pada saat mengujinya.

1.2 Tujuan Penulisan dan Aplikasi/Kegunaan Dokumen

Tujuan penulisan dokumen B300 ini adalah sebagai tahap dokumentasi penentuan perencanaan dari konsep sistem, desain sistem, dan pengujian sistem.

1.3 Referensi

1. Tim Penyusun, Master Plan Pengelolaan Sampah ITB Kampus Ganesha. Jakarta (2020).
2. Admin. (2022, March 27). *Ultrasonic sensor module HC-SR04 Datasheet: How It Works* " electoduino. ElectroDuino. Retrieved December 29, 2022, from <https://www.electoduino.com/ultrasonic-sensor-how-ultrasonic-sensor-works/>
3. Alldatasheet.com. (n.d.). *Esp32 datasheet, PDF*. Alldatasheet. Retrieved December 29, 2022, from <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Esp32+datasheet>
4. Alldatasheet.com. (n.d.). *Esp8266 Datasheet(PDF) - ESPRESSIF systems (shanghai) co., ltd.* ALLDATASHEET.COM - Electronic Parts Datasheet Search. Retrieved December 29, 2022, from <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132995/ESPRESSIF/ESP8266.html>
5. Alldatasheet.com. (n.d.). *GP2Y0A21YK datasheet(pdf) - sharp electronic components*. ALLDATASHEET.COM - Electronic Parts Datasheet Search. Retrieved December 29, 2022, from <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/142549/SHARP/GP2Y0A21YK.html>
6. Alldatasheet.com. (n.d.). *JSN-SR04T datasheet, PDF*. Alldatasheet. Retrieved December 29, 2022, from <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=JSN-SR04T>
7. *Android Studio features : android developers*. Android Developers. (n.d.). Retrieved December 29, 2022, from <https://developer.android.com/studio/features/>
8. *Arduino Corporation: Arduino Nano - Datasheet PDF & Tech Specs*. Datasheets.com. (n.d.). Retrieved December 29, 2022, from <https://www.datasheets.com/en/part-details/arduino-nano-arduino-corporation-66462858>
9. *A distributed, Scalable Monitoring System*. OpenTSDB. (n.d.). Retrieved December 29, 2022, from <http://opentsdb.net/>
10. *Grafana: The Open Observability Platform*. Grafana Labs. (n.d.). Retrieved December 29, 2022, from <https://grafana.com/>
11. *Home. 14500 battery charger & 14500 Batteries Li-ion Rechargeable*. (n.d.). Retrieved December 29, 2022, from <https://www.orbtronic.com/14500-Li-ion-Batteries-and-Chargers-AA-size-3.7V-rechargeable>

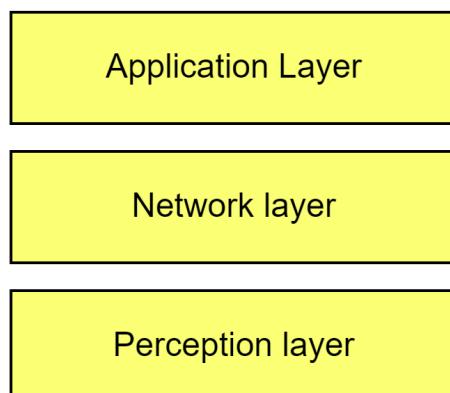
12. *InfluxDB: Open source time series database.* InfluxData. (2022, November 11). Retrieved December 29, 2022, from <https://www.influxdata.com/products/influxdb-overview/>
13. *Timescale documentation: Timescaledb.* TimescaleDB - Timeseries database for PostgreSQL. (n.d.). Retrieved December 29, 2022, from <https://docs.timescale.com/timescaledb/latest/>

1.4 Daftar Singkatan

SINGKATAN	ARTI
IoT	Internet of Things
Wi-Fi	Wireless Fidelity
TPSS	Tempat Pembuangan Sampah Sementara
CSO	Cleaning Service Officer
TOF	Time of Flight

2 Konsep Sistem

Pada dokumen B100, dipilih solusi pengelolaan sampah di ITB yang menggunakan sistem IoT. Sistem IoT memungkinkan pengguna mengetahui keadaan tiap-tiap tempat sampah melalui server. Disebutkan pada Pallavi, dkk. (tahun), terdapat beberapa paradigma arsitektur yang berbeda untuk IoT. Diantaranya adalah arsitektur tiga dan lima lapisan (*three and five-layer architecture*). Arsitektur 3 lapisan terdiri dari lapisan persepsi (*perception layer*), lapisan jaringan (*network layer*), dan lapisan aplikasi (*application layer*). Penjelasan masing-masing lapisan adalah sebagai berikut :



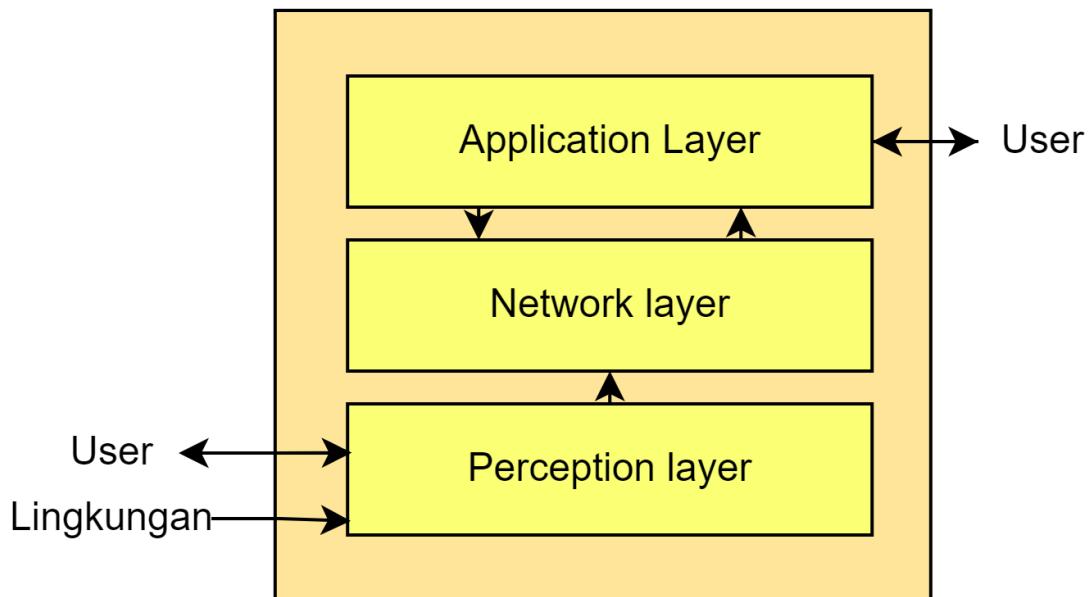
Gambar 2.1 Paradigma Arsitektur

1. Lapisan Persepsi merupakan lapisan fisik yang menerima dan mengoleksi informasi fisik lingkungan.
2. Lapisan jaringan berfungsi untuk menghubungkan lapisan persepsi ke server, perangkat jaringan, dan benda cerdas lainnya. Lapisan ini juga digunakan untuk meneruskan dan memproses data sensor.
3. Lapisan aplikasi berfungsi untuk menyampaikan berbagai layanan kepada pengguna.

Paradigma 3 lapisan merupakan paradigma arsitektur paling dasar. Pada desain ini, dipilih paradigma arsitektur ini karena paradigma ini sudah memenuhi kebutuhan pembagian subsistem desain, yaitu pembacaan dan pengolahan data dari sensor, pengiriman data, penyimpanan data di server, serta penyampaian data ke pengguna.

2.1 Pilihan Sistem

Berdasarkan paradigma arsitektur IoT yang telah dipilih, disusun 3 alternatif solusi. Ketiga alternatif memiliki arsitektur level 0 yang sama, yaitu arsitektur IoT 3 lapisan. Perbedaan alternatif terdapat di lapisan persepsi, yaitu pada metode penentuan kepenuhan tempat sampah.



Gambar 2.2 Paradigma Arsitektur dengan I/O

Sesuai paradigma IoT 3 lapisan, terdapat 3 subsistem pada arsitektur level 0 dengan fungsi tiap subsistem yang telah dijelaskan sebelumnya. Arsitektur utama sistem ditunjukkan pada gambar di atas. Konsep utama arsitektur ini adalah sebagai berikut : lapisan persepsi menerima data dari lingkungan, kemudian diteruskan ke lapisan jaringan. Data dari lapisan jaringan disimpan dan diteruskan ke pengguna melalui lapisan aplikasi. Pengguna juga dapat melakukan permintaan data melalui lapisan aplikasi.

Pada ketiga alternatif, interaksi pengguna dilakukan pada setiap subsistem. Interaksi pengguna pada subsistem persepsi dan jaringan terkait pada proses pemasangan, *maintenance*, dan kalibrasi. Interaksi pengguna pada subsistem aplikasi terkait pada penerimaan data kepenuhan tempat sampah dan permintaan data. Rincian interaksi pengguna adalah sebagai berikut :

1. Di tahap awal, dilakukan pemasangan devais oleh petugas pengambil sampah TPSS ITB maupun CSO ITB. Setiap devais memiliki kode identitas yang berfungsi sebagai penanda.
2. Dilakukan kalibrasi penyesuaian lokasi TPSS dengan devais terkait. Kalibrasi dilakukan dengan melakukan input lokasi dari masing-masing devais dengan kode identitas terkait pada server.
3. Pada web server, pengguna dapat mengetahui peta kepenuhan TPSS ITB serta sisa kapasitas baterai dari masing-masing devais.
4. Pada tahap *maintenance*, CSO ITB/ petugas pengambil sampah TPSS ITB bertugas untuk melakukan penggantian baterai apabila daya baterai hampir habis. Sisa daya baterai dapat dilihat melalui LCD display pada devais maupun web server.
5. Petugas pengambil sampah TPSS ITB dapat mengetahui data kepenuhan tempat sampah dengan melihat web server maupun melakukan permintaan data kepenuhan data melalui aplikasi untuk selanjutnya digunakan sebagai dasar keputusan pengambilan sampah

memiliki perbedaan pada lapisan persepsi. Pada desain ini, penulis menggunakan arsitektur 3 lapisan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Arsitektur ini memiliki 3 lapisan : lapisan persepsi (*perception layer*), lapisan jaringan (*network layer*), dan lapisan aplikasi (*application layer*).

Kepenuhan tempat sampah dapat dilihat dengan memperhatikan parameter ketinggian timbulan sampah pada sulo. Kondisi ideal didefinisikan sebagai kondisi tempat sampah memiliki isi sampah yang seharusnya berdasarkan kategori TPSS. Perbedaan usulan rancangan sistem terdapat pada mekanisme perhitungan ketinggian dan klasifikasi kepenuhan tempat sampah. Dilakukan analisis beberapa kasus kondisi tempat sampah pada setiap alternatif solusi.

2.1.1 Sistem 1

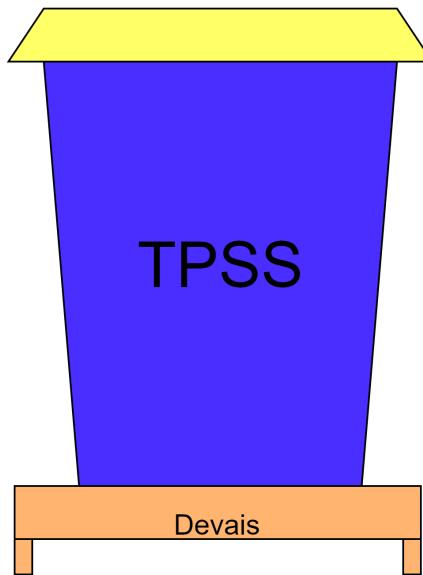
Alternatif solusi pertama menggunakan sensor berat yang dipasangkan di bawah tempat sampah. Kepenuhan tempat sampah diperoleh dari estimasi volume yang didapatkan dari massa sampah dengan membagi massa sampah terukur dengan densitas sampah.

$$V = M/\rho$$

Persamaan tersebut menunjukkan hubungan antara volume sampah, massa sampah, dan densitas sampah. Data densitas sampah ditunjukkan pada Tabel 2.1,

Tabel 2.1 Data Densitas Sampah

Tipe sampah	Densitas (gr/ cm ³)
Sampah taman	0.1-0.6
Organik	0.31-1.11
Daur Ulang	0.97-1.38
Residu	0.25-0.41



Gambar 2.3 Alternatif menggunakan Sensor Berat

Dari volume yang diperoleh, diklasifikasikan kepenuhan tempat sampah berdasarkan volume yang diperoleh, yaitu rentang 0%-10% sebagai rendah, 10%-70% sebagai medium, 70%-90% sebagai tinggi, dan >90% sebagai overload. Pemrosesan data dilakukan di lapisan persepsi sebelum dilanjutkan ke lapisan jaringan.

Tabel 2.1 menunjukkan variasi densitas berbagai jenis sampah. Variasi tersebut menimbulkan galat pada perhitungan ketinggian timbulan sampah. Massa sampah terukur M dari jenis sampah yang memiliki densitas pada rentang ρ_{min} dan ρ_{max} memiliki rentang volume antara $\frac{M}{\rho_{min}}$ hingga $\frac{M}{\rho_{max}}$.

Dari mekanisme perhitungan tersebut, volume yang dihitung dapat memiliki galat yang besar apabila dibuang sampah dengan jenis yang salah. Apabila sampah terkait memiliki densitas yang lebih rendah, volume terukur lebih rendah dari seharusnya, menyebabkan kondisi *false negative* : sensor tidak mendeteksi kepenuhan pada tempat sampah penuh. Apabila sampah terkait memiliki densitas lebih tinggi, terjadi kondisi *false positive* : sensor mendeteksi kepenuhan pada tempat sampah yang tidak penuh.

Pada rancangan ini, sistem diletakkan pada platform yang diletakkan di bawah sulo. Dari situ sensor dapat mengukur massa sampah di dalam sulo. Banyak sensor yang diletakkan menyesuaikan kapasitas beban maksimum yang dapat ditanggung sensor secara kontinu. Banyak sensor yang digunakan dapat menggunakan persamaan

$$n = \frac{W_{full}}{W_{maks}}$$

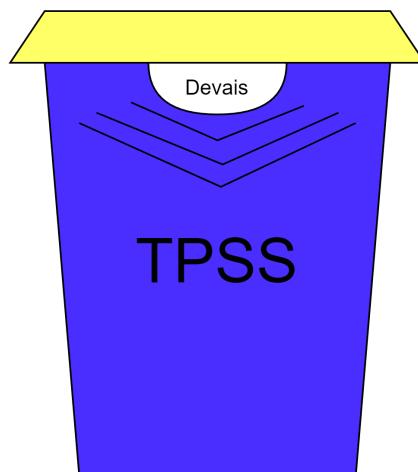
dengan W_{full} dan W_{maks} berturut-turut merupakan beban tempat sampah ketika penuh dan beban maksimum yang mampu ditanggung sensor. Apabila nilai n yang diperoleh bukan bilangan bulat, dilakukan pembulatan ke atas. Massa sampah dapat diperoleh dari jumlahan semua massa terukur.

$$M = \sum_{i=0}^n m_i$$

Dengan mekanisme tersebut, data yang dikirim ke server berisikan float dan data 2 bit dengan format “FFAB”. FF merupakan *float* yang menunjukkan persentase ketinggian terhitung level sampah, dan AB merupakan 2 bit yang menunjukkan kemungkinan 3 state tempat sampah : kosong, sedang, dan penuh.

2.1.2 Sistem 2

Pada alternatif kedua, digunakan parameter jarak untuk menentukan kepenuhan tempat sampah. Alternatif ini menggunakan sensor jarak yang dipasang di bagian tutup tempat sampah untuk mengetahui volume sampah. Level sampah diketahui dari menselisihkan ketinggian tempat sampah dengan jarak terukur dari sensor ultrasonik. Persentase kepenuhan diperoleh dengan membandingkan level sampah dengan ketinggian tempat sampah. Dari persentase yang diketahui, dilakukan klasifikasi level tempat sampah dengan rentang yang sama dengan alternatif sistem 1.



Gambar 2.4 Alternatif menggunakan Sensor Jarak

Pada alternatif ini, perlu diperhatikan dimensi dan kondisi tempat sampah serta spesifikasi sensor jarak yang digunakan. Apabila sensor memiliki rentang sudut penggunaan, perlu diperhatikan dimensi tempat sampah agar tidak mengganggu pengukuran. Apabila tempat sampah memiliki dimensi lebar x, rentang sudut pengukuran menyebabkan sensor tidak dapat mendekripsi jarak lebih dari $\frac{x}{2} \cot(\theta/2)$ dari titik sensor diletakkan. Oleh karena itu, apabila diinginkan sensor dapat mendekripsi hingga dasar tempat sampah dengan ketinggian H, rentang sudut sensor harus kurang dari $2 * \arccot(2H/x)$.

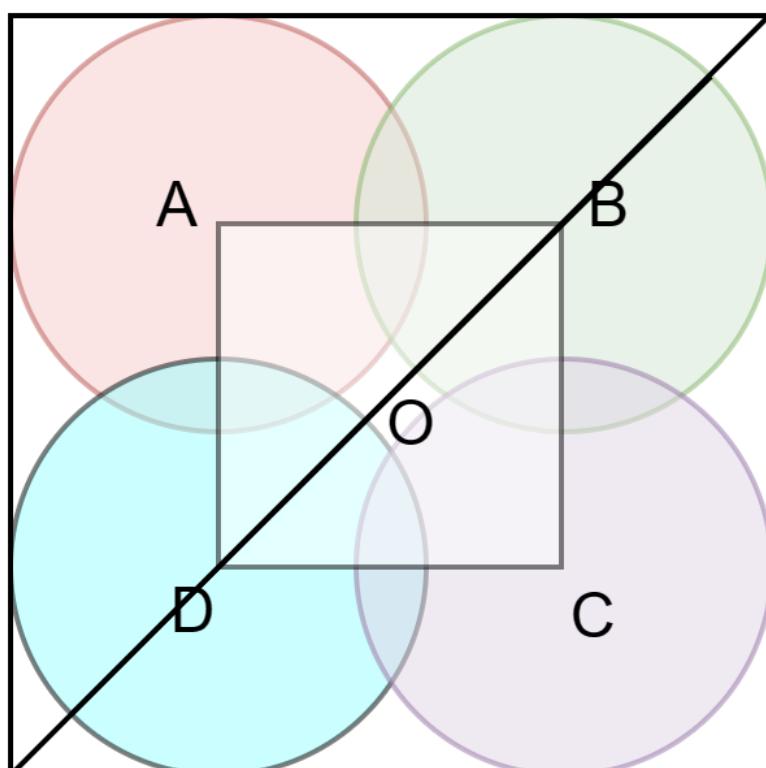
Sensor ultrasonik yang digunakan mengukur jarak dengan mengukur waktu antara pulsa dikirim dengan pertama diterima. Dari mekanisme tersebut, jarak terukur merupakan jarak terdekat permukaan sampah dengan titik sensor diletakkan. Pada kondisi ideal

(permukaan sampah yang rata), jarak terukur merupakan jarak vertikal permukaan dengan puncak tempat sampah. Namun, dapat terjadi kondisi level permukaan yang tidak rata. Salah satu kasus yang mungkin terjadi adalah peletakan benda dengan dimensi panjang yang lebih besar dari panjang permukaan sulo. Pada kasus tersebut, benda akan berorientasi diagonal dan mempengaruhi hasil pengukuran, sehingga jarak terukur merupakan jarak terdekat benda dengan sensor yang belum tentu menunjukkan level permukaan.

Untuk mengurangi ketidakpastian tersebut, dapat diletakkan lebih dari 1 sensor. Keluaran dari masing-masing sensor kemudian akan dibandingkan. Apabila perbedaan yang ada tidak terlalu signifikan, dapat disimpulkan permukaan sampah rata. Apabila terdapat perbedaan signifikan antara ketiganya, maka kemungkinan terdapat kondisi tidak ideal seperti permukaan yang tidak rata, sensor yang rusak, maupun sampah dengan orientasi diagonal.

Untuk desain ini, ditentukan jumlah awal sensor sebanyak 4 sensor ultrasonik. Data yang disajikan merupakan rata-rata keluaran 4 sensor. Dipilih banyak sensor sejumlah 4 buah dengan alasan apabila terdapat anomali pada salah satu/ dua keluaran sensor, hasil masih akan mendekati ke nilai yang diamati sensor lainnya.

Peletakan sensor perlu memperhatikan dimensi dan FOV sensor agar diperoleh jangkauan maksimum tanpa terdapat pengaruh dinding sulo. Untuk mencapai jangkauan maksimum, peletakkan sensor menyesuaikan bentuk permukaan sulo yaitu persegi. Ilustrasi jangkauan 4 sensor dengan jangkauan sudut θ yang diletakkan membentuk persegi dengan jarak a ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Ilustrasi Range Empat Sensor Ultrasonik

Titik A, B, C, dan D menunjukkan titik peletakan sensor. Jangkauan masing-masing sensor ditunjukkan oleh 4 lingkaran dengan warna yang berbeda. Jari-jari lingkaran tersebut adalah $r = H \tan(\theta/2)$. Persegi luar menunjukkan jangkauan batas jangkauan sensor. Dengan geometri, panjang persegi luar adalah $a + 2r$. Oleh karena itu, agar tidak terdapat interferensi dinding sulo, pertidaksamaan

$$a + 2r < x$$

harus terpenuhi, dengan x adalah dimensi sulo.

Dimensi dan rentang sudut sensor juga mempengaruhi cara pengambilan data dari keempat sensor beserta frekuensi samplingnya. *Timing* pengambilan data harus memperhatikan jarak antar sensor agar tidak terdapat interferensi antar sensor. Misalkan pengambilan data dilakukan dengan urutan sensor A,B,C, kemudian D. Maka, pengambilan data masing-masing sensor harus dilakukan setelah sinyal yang dikeluarkan sensor sebelumnya sampai. Jika tidak, dapat terjadi kesalahan perhitungan waktu karena sinyal yang sampai pada sensor merupakan sinyal yang dikeluarkan sensor sebelumnya. Waktu tersebut dapat diukur dengan menggunakan formula

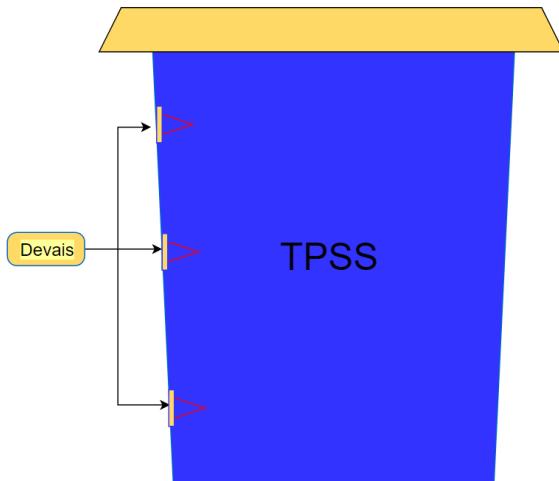
$$t = \frac{2 * \sqrt{(a/2)^2 + H^2}}{u}$$

dengan u adalah kecepatan gelombang ultrasonik.

Dengan mekanisme tersebut, data yang dikirim ke server berisikan float dan data 2 bit dengan format “FFAB”. FF merupakan *float* yang menunjukkan persentase ketinggian terhitung level sampah yang merupakan rata-rata dari pengukuran 4 sensor, dan AB merupakan 2 bit yang menunjukkan kemungkinan 3 state tempat sampah : kosong, sedang, dan penuh

2.1.3 Sistem 3

Pada alternatif ketiga, digunakan pendekatan objek di depan devais untuk kepenuhan tempat sampah. Alternatif ini menggunakan sensor *Flight Distance* yang di pasang di tiga level berbeda di TPSS, seperti yang terlihat di Gambar 2.6. Pada Gambar 2.6 ketiga devais yang dipasangkan digunakan untuk mengindikasikan objek atau sampah yang akan muncul di depan devais, untuk devais yang berada di bagian bawah TPSS mengindikasikan level sampah sedikit, dan sebaliknya devais yang ada di bagian atas TPSS mengindikasikan level sampah yang penuh.



Gambar 2.6 Alternatif Menggunakan Time of Flight Sensor

Seperti alternatif 2, sensor dapat memberikan *false detection* apabila sulo diberikan benda yang dimensinya lebih panjang dari dimensi sulo. Pada kasus ini, terdapat kemungkinan benda tersebut menghalangi sensor time of flight sehingga sensor mendeteksi adanya permukaan yang menutupi. Kemungkinan kesalahan pembacaan juga dapat terjadi apabila terdapat benda yang menempel pada transmitter maupun receiver di salah satu sensor. Hal ini akan mengakibatkan salah satu sensor melakukan *false detection* permukaan.

Untuk memitigasi hal ini, pemasangan sulo dapat dilakukan secara bergantian pada 2 permukaan sulo : sisi yang sejajar sumbu x serta sisi yang sejajar sumbu y. Desain seperti ini bertujuan untuk menghindari *false detection* yang dilakukan oleh salah satu sensor pada level tertentu. Apabila benda terkait menghalangi sensor TOF pada salah satu sumbu, masih terdapat sumbu lain sebagai mitigasi. Nilai level yang disajikan adalah letak sensor FOV terendah yang tidak mendeteksi halangan.

Dengan mekanisme tersebut, data yang dikirim ke server berisikan float dan data 2 bit dengan format “AB”. AB merupakan 2 bit yang menunjukkan kemungkinan 3 state tempat sampah : kosong, sedang, dan penuh.

2.2 Analisis

2.2.1 Metode dan Kriteria Analisis

Metode analisis yang digunakan adalah metode pembobotan. Pembobotan dilakukan pada 4 aspek yaitu aspek presisi, akurasi, keberlanjutan, dan biaya.

2.2.1.1 Presisi

Hasil pengukuran sensor pada produk yang dihasilkan akan lebih baik apabila memiliki persebaran yang sempit. Artinya, variasi hasil pengukuran pada keadaan lingkungan yang sama akan menghasilkan nilai yang relatif sama. Pada statistik, presisi ditunjukkan oleh parameter standar deviasi. Semakin kecil standar deviasi, semakin presisi devais yang digunakan.

2.2.1.2 Akurasi

Hasil pengukuran sensor pada produk akan lebih baik apabila nilai yang dihasilkan tidak jauh berbeda dari keadaan lingkungan yang sebenarnya. Akurasi dapat ditunjukkan oleh galat pada hasil pengukuran.

2.2.1.3 Keberlanjutan

Aspek keberlanjutan merupakan bagaimana devais dapat berkembang seiring berjalannya waktu. Keberlanjutan merupakan aspek yang penting, agar devais masih bisa digunakan kedepannya.

2.2.1.4 Daya

Produk yang akan dihasilkan, menggunakan daya untuk mengambil data dan mengirim data menggunakan pemroses data. Daya merupakan hal yang penting untuk menjalankan produk, maka diperlukan aspek daya untuk memilih produk.

2.2.1.5 Biaya

Biaya yang dikeluarkan untuk proses pengembangan, rancangan, prototyping, implementasi, dan produksi massal produk harus diminimalisir agar tidak membebani biaya pengadaan alat.

2.2.2 Analisis konsep

Dari keempat aspek di bagian 2.2.1.1 sammpai 2.2.1.4 akan diperhitungkan bobot bobot setiap aspek dengan metode *Pairwise Comparison*. Misalkan aspek A lebih esensial dari aspek B maka akan diberi nilai 2, jika aspek A tidak esensial dari aspek B maka diberikan nilai 0,5, dan jika kedua aspek memiliki esensi yang sama maka diberikan nilai 1. hasil perhitungan pembobotan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pairwise Comparison

Kriteria	Akurasi	Presisi	Keberlanjutan	Harga Produksi	Daya	Kemudahan Pemasangan	Total	Bobot
Akurasi	1	2	0,5	2	2	2	9,5	0,23
Presisi	0,5	1	0,5	0,5	2	2	6,5	0,15
Keberlanjutan	2	2	1	2	1	1	9	0,21
Harga Produksi	0,5	2	0,5	1	0,5	0,5	5	0,12
Daya	0,5	0,5	1	2	1	1	6	0,14
Kemudahan Pemasangan	0,5	0,5	1	2	1	1	6	0,14

Total			34,5	1
-------	--	--	------	---

2.3 Sistem yang akan dikembangkan

2.3.1 Presisi

Presisi didefinisikan sebagai kepastian hasil pengukuran. Alat yang memiliki presisi tinggi menghasilkan hasil pengukuran yang relatif sama. Alat yang presisinya rendah memiliki hasil pengukuran denganpersebaran yang cukup besar. Sensor yang digunakan masing-masing alternatif adalah sensor berat (*load cell*), sensor ultrasonik, dan sensor TOF. Datasheet ketiganya tidak menyebutkan secara eksplisit nilai presisi dan akurasi secara terpisah. Namun, dari datasheet beberapa sensor terkait yang tersedia di pasaran, diperoleh persebaran masing-masing hasil pengukuran berada pada orde mm untuk sensor ultrasonik dan TOF, serta orde 0.1 kg untuk sensor berat. Karena keluaran dari sistem merupakan klasifikasi kepenuhan, presisi tersebut sudah cukup untuk sistem yang disusun.

2.3.2 Akurasi

Akurasi didefinisikan sebagai ketepatan hasil pengukuran. Alat yang memiliki akurasi tinggi menghasilkan hasil pengukuran yang relatif sama dengan ukuran sebenarnya. Terkait besaran yang terukur, ketiga alternatif memiliki akurasi yang baik, yaitu orde mm untuk sensor ultrasonik dan TOF, serta orde 0.1 kg untuk sensor berat. Nilai tersebut sudah cukup baik untuk keperluan klasifikasi kepenuhan.

Meskipun memiliki akurasi yang baik pada pengukuran langsung, terdapat perbedaan akurasi dalam penentuan ketinggian level sampah. Pada alternatif pertama, parameter ketinggian ditentukan dengan membagi massa terukur dengan densitas tipe sampah. Tabel 2.1 menunjukkan rentang densitas masing-masing tipe sampah. Sesuai penurunan pada bagian 2.1.1, perhitungan volume menggunakan parameter berat memberikan galat yang cukup besar. Sebagai contoh, tipe sampah organik memiliki rentang densitas 0.30-11.1 gr/cm³. Nilai densitas maksimum lebih dari 3 kali densitas minimum. Artinya, pada kondisi ideal pun (tidak terdapat kesalahan tipe sampah yang masuk), hasil perhitungan volume dapat bernilai 3 kali lebih besar dari hasil perhitungan sebenarnya. Selain itu, sistem ini juga tidak *robust* dalam menangani kesalahan sampah yang masuk. Apabila sampah yang masuk memiliki densitas yang jauh lebih besar dari rentang densitas yang ada, dapat terjadi kesalahan deteksi kepenuhan sampah.

Pada alternatif kedua, parameter ketinggian ditentukan dengan mengukur jarak menggunakan sensor ultrasonik. Dibandingkan alternatif sebelumnya, pada kondisi ideal, akurasi hasil pengukuran lebih tinggi. Alternatif ini akan menghasilkan hasil yang akurat pada permukaan sampah yang merata. Namun, karena yang diukur sensor adalah jarak terdekat permukaan dengan sensor, kesalahan dapat terjadi untuk level permukaan yang tidak rata. Kasus yang mungkin terjadi adalah peletakan benda dengan dimensi panjang yang lebih besar dari panjang permukaan sulo. Pada kasus tersebut, benda terkait akan berorientasi diagonal dan mempengaruhi hasil pengukuran, sehingga jarak terukur bukan merupakan permukaan rata sampah, melainkan jarak terdekat benda dengan letak sensor.

Pada alternatif ketiga, parameter ketinggian ditentukan oleh logika yang ditentukan oleh sensor TOF. Pada alternatif ini, hasil pengukuran hanya menghasilkan rentang ketinggian sampah terukur, bukan nilai tunggalnya. Oleh karena itu, pada kondisi ideal, apabila digunakan 3 sensor, galat maksimum akan bernilai $\pm h/6$ dengan h adalah ketinggian tempat sampah. Selain itu, kesalahan pengukuran dapat terjadi pada kondisi non ideal. Kondisi non ideal yang dimaksud sama dengan kondisi non ideal pada alternatif sebelumnya : benda/ sampah yang diletakkan memiliki orientasi diagonal. Pada kasus ini, suatu sensor TOF pada level tertentu dapat memberikan logika yang salah apabila terhalang oleh benda terkait. Untuk mengatasi hal tersebut, peletakan sensor TOF dapat dilakukan secara bergantian antara sisi panjang dan sisi lebar tempat sampah. Apabila terjadi inkonsistensi, maka terdapat anomali pada tempat sampah.

2.3.3 Keberlanjutan

Aspek keberlanjutan merupakan parameter ketahanan sensor terhadap penggunaan. Aspek ini berpengaruh pada lama sensor dapat digunakan sebelum rusak. Sayangnya, untuk ketiga sensor pada masing-masing alternatif, tidak terdapat data lama waktu penggunaan sensor. Namun secara kualitatif, dari ketiga sensor yang digunakan pada masing-masing alternatif, yang paling rentan terhadap penggunaan tempat sampah adalah sensor berat yang digunakan pada alternatif pertama. Beban kontinu yang ditanggung sensor dapat berpengaruh pada keawetan sensor. Selain itu, peletakan tempat sampah yang cukup berat dengan cara dilempar/ dijatuhkan dapat memberikan impuls destruktif pada sensor. Cara untuk mengurangi dampak penggunaan adalah menggunakan lebih banyak load cell agar distribusi beban semakin merata dan beban individual yang ditanggung 1 sensor lebih sedikit.

2.3.4 Daya

Aspek daya merupakan parameter ketahanan sensor terhadap waktu. Aspek ini berpengaruh pada lama sensor dapat beroperasi sebelum mati. Ketiga alternatif solusi memiliki pemakaian daya yang berbeda beda. Pemakaian daya yang paling besar ada pada alternatif 1, menggunakan sensor berat, karena komponen yang digunakan untuk mengukur berat sampah pada TPSS relative menggunakan daya yang besar, untuk alternatif 2 dan 3 menggunakan daya yang relatif sama dan juga relatif kecil dikarenakan komponen yang digunakan tidak sebanyak alternatif 1.

2.3.5 Biaya

Aspek biaya merupakan parameter untuk pembelian produk. Aspek ini berpengaruh pada banyaknya produk yang dapat dibeli oleh Sarana dan Prasarana ITB. Banyaknya TPSS di ITB berpengaruh pada produk yang banyak juga, sehingga untuk produk bisa dipakai oleh pihak Sarana dan Prasarana ITB, diinginkan produk dengan biaya yang relatif kecil. dari ketiga sensor yang ada pada alternatif solusi, didapatkan sensor dengan harga paling tinggi ada pada alternatif 1, lalu alternatif 3, dan harga yang paling rendah ada pada alternatif 2.

2.3.6 Kemudahan Pemasangan

Karena sistem akan dipasang oleh petugas pengambil TPSS ITB, kemudahan pemasangan menjadi aspek yang perlu diperhatikan. Alternatif pertama merupakan alternatif yang paling mudah pemasangannya karena hanya meletakkan platform di bawah sulo. Tidak diperlukan perlakuan destruktif pada tempat sampah, berbeda dengan 2 alternatif lainnya.

Alternatif kedua membutuhkan upaya destruktif pada tempat sampah, tepatnya pada bagian tutup tempat sampah. Tutup tempat sampah dilubangi untuk keperluan *mounting sensor*. Alternatif ketiga juga membutuhkan perlakuan destruktif untuk memasang sensor. Untuk alternatif ini, bagian yang dilubangi merupakan bagian sisi tempat sampah. Banyak letak lubang yang diberikan juga lebih banyak, yaitu sebanyak sensor yang dipasang yaitu 3 buah.

Pada metode analisis yang digunakan hasil dari pembobotan terhadap keempat aspek dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Penilaian Alternatif dengan Bobot

Aspek	Bobot	Nilai Alternatif 1	Nilai Alternatif 2	Nilai Alternatif 3
Akurasi	0,23	3	4	2
Presisi	0,15	4	4	5
Keberlanjutan	0,21	2	3	3
Harga Produksi	0,12	2	5	4
Daya	0,14	2	4	4
Kemudahan Pemasangan	0,14	4	3	2
Nilai	2,79	3,73	3,16	

Nilai alternatif yang diberikan pada tiap aspek ada pada rentang 1 sampai 5, dengan nilai 1 menandakan akurasi yang kecil, presisi yang kecil, memiliki tingkat keberlanjutan yang rendah, harga produksi yang tinggi, daya pemakaian daya yang tinggi. Nilai 5 memberitahukan bahwa alternatif memiliki akurasi dan presisi yang tinggi, tingkat keberlanjutan yang tinggi, harga produksi yang kecil, dan pemakaian daya yang sedikit.

Pada Tabel 2.3 memperlihatkan hasil pembobotan aspek terhadap alternatif, nilai dari bobot didapatkan menggunakan metode *Pairwise Comparison* yang terdapat pada Tabel 2.2. Nilai pembobotan aspek yang paling tinggi terdapat pada aspek keberlanjutan, lalu diikuti dengan akurasi, harga produksi, dan yang terakhir adalah presisi, pembobotan aspek yang dibandingkan dengan nilai yang diberikan pada Alternatif alternatif menghasilkan satu alternatif dengan nilai yang paling tinggi, yaitu **Alternatif 2**.

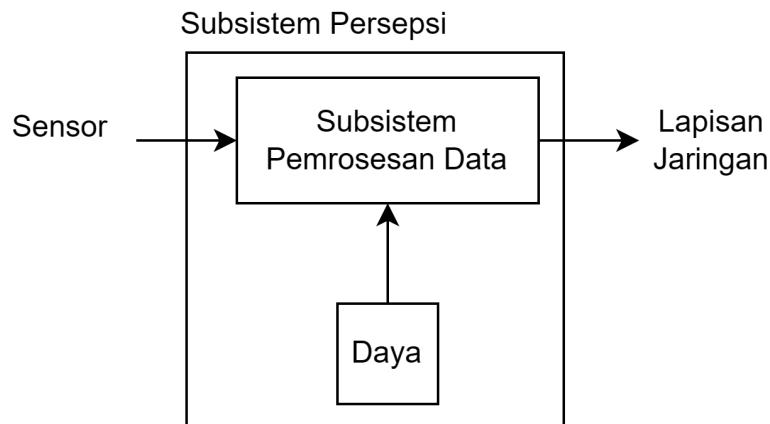
Pada perancangan juga perlu diperhatikan *platform* untuk meletakkan sensor. Dua opsi yang tersedia adalah penyusunan devais yang mampu menyesuaikan semua jenis tempat sampah atau juga dilakukan penyusunan tempat sampah yang lebih kompatibel terhadap sensor. Dari kedua opsi tersebut, dipilih opsi pertama karena alasan *sustainability*. Walaupun penyusunan tempat sampah baru dapat mengoptimalkan peletakan sensor, meminimalisir kesalahan, serta mengurangi kesalahan input pengguna, opsi ini tidak cocok untuk diterapkan pada pengelolaan sampah ITB yang sudah memiliki banyak sulo. Produksi tempat sampah baru membutuhkan biaya yang lebih besar daripada hanya melakukan penyusunan devais. Di sisi lain, apabila dilakukan produksi tempat sampah baru, terdapat potensi tempat sampah lama menjadi limbah.

3 Desain Sistem

3.1 Pemodelan Fungsional Sistem

3.1.1 Subsistem Lapisan Persepsi

Subsistem persepsi merupakan bagian terjadinya interaksi fisik antara pengguna dengan sistem.



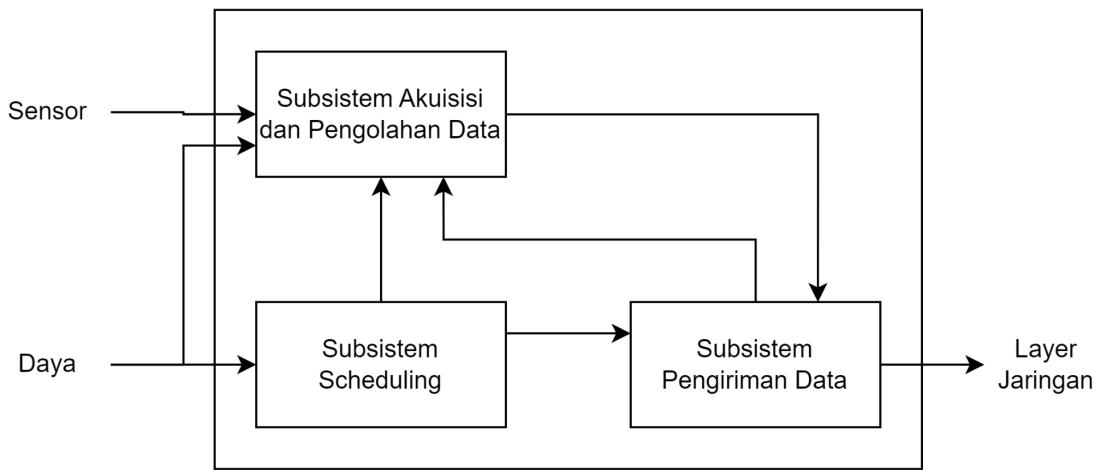
Gambar 3.1 Block Diagram Subsistem Lapisan Persepsi

Tabel 3.1 Subsistem Persepsi: Fungsi & I/O

Subsistem Persepsi	
Input	Keadaan lingkungan berupa kepuaan tempat sampah
Output	<ul style="list-style-type: none">- Data kepuaan tempat sampah berupa persentase keterisian TPSS dan klasifikasi kepuaan (penuh, terisi sebagian, kosong) yang dikirim ke lapisan jaringan- Persentase daya baterai- Status alat
Fungsi	Membaca keadaan lingkungan dengan menggunakan sensor ultrasonik dan mengirimkan data tersebut ke lapisan jaringan. Menampilkan keadaan alat (persentase daya baterai dan status alat) melalui display pada pengguna

3.1.1.1 Subsistem Pemrosesan Data

Subsistem pemrosesan data berfungsi untuk menerima data berupa sisa daya dan data volume, mengolahnya, dan mengirimkannya ke lapisan jaringan. Di dalam subsistem ini terdapat 3 blok implementasi *software* : subsistem akuisisi dan pengolahan data, subsistem scheduling, dan subsistem pengiriman data.



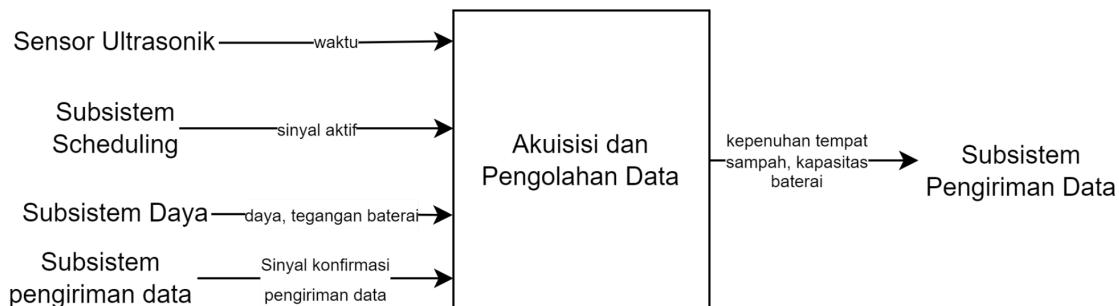
Gambar 3.2 Block Diagram Subsistem Pemrosesan Data

Tabel 3.2 Subsistem pemroses data: Fungsi & I/O

Subsistem Pengolahan Data	
Input	<ul style="list-style-type: none"> - Output sensor ultrasonik - Daya
Output	<ul style="list-style-type: none"> - Data kepuasan tempat sampah berupa persentase keterisian TPSS dan klasifikasi kepuasan (penuh, terisi sebagian, kosong) yang dikirim ke lapisan jaringan - Persentase daya baterai - Status alat
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> - Membaca keadaan lingkungan dengan menggunakan sensor ultrasonik dan mengirimkan data tersebut ke lapisan jaringan - Mengirimkan data yang diolah kepada display LCD dan lapisan jaringan

3.1.1.1 Subsistem Akuisisi dan Pengolahan Data

Subsistem akuisisi dan pengolahan data berfungsi untuk menerima dan mengolah data yang diterima.



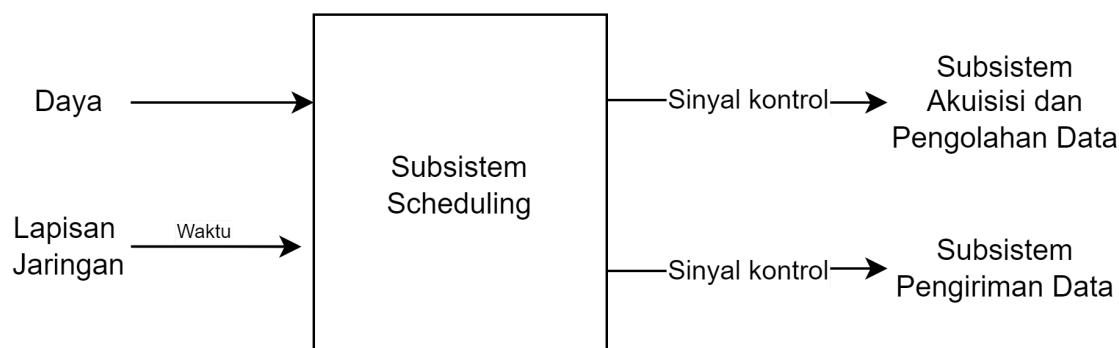
Gambar 3.3 Block Diagram Subsistem Akuisisi dan Pengolahan Data

Tabel 3.3 Subsistem Akuisisi dan Pengolahan Data: Fungsi & I/O

Subsistem Akuisisi dan Pengolahan Data	
Input	<ul style="list-style-type: none"> - Hasil pembacaan sensor ultrasonik - Output subsistem scheduling - Konfirmasi pengiriman data - Daya dan kapasitas baterai dari subsistem daya
Output	<ul style="list-style-type: none"> - Data kepuaan tempat sampah yang dikirim ke subsistem pengiriman data - Data kapasitas baterai dan status yang dikirim ke LCD
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan penerimaan dan pengolahan data berupa filtering dan klasifikasi kepuaan tempat sampah - Mengirim data yang sudah diolah ke LCD dan lapisan jaringan

3.1.1.2 Subsistem Scheduling

Subsistem scheduling berfungsi untuk mengatur mode dari pemroses data. Subsistem ini mengatur mode pemroses data dari mode hibernasi ke aktif dan sebaliknya.



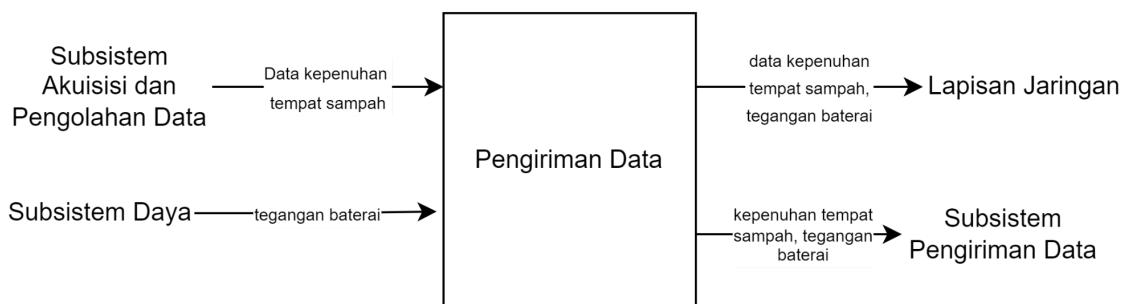
Gambar 3.4 Block Diagram Subsistem Scheduling

Tabel 3.4 Subsistem Scheduling: Fungsi & I/O

Subsistem Scheduling	
Input	Daya
Output	Pengaturan daya dan kontrol terhadap subsistem akuisisi dan pengolahan data serta subsistem
Fungsi	Melakukan <i>switching</i> pemroses data dari mode hibernasi ke mode aktif. <i>Switching</i> dilakukan untuk menghemat daya

3.1.1.3 Subsistem Pengiriman Data

Subsistem pengiriman data berfungsi untuk meneruskan data yang diperoleh dan diolah oleh lapisan persepsi ke lapisan jaringan.



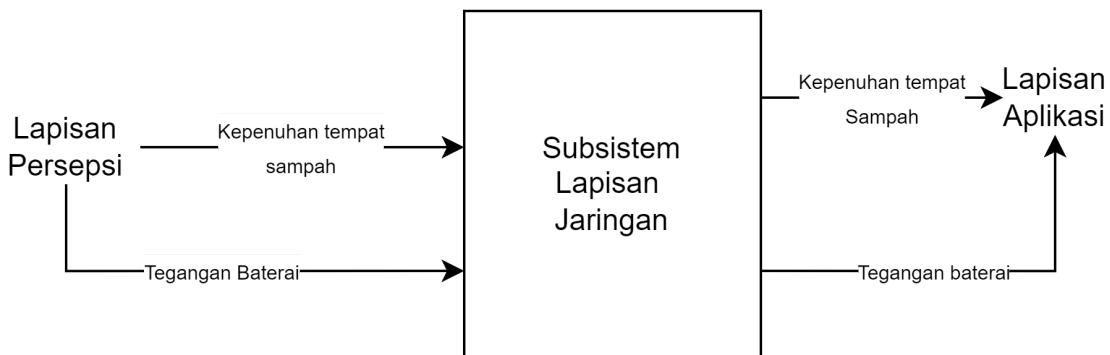
Gambar 3.5 Block Diagram Subsistem Pengiriman Data

Tabel 3.5 Subsistem Pengiriman Data: Fungsi & I/O

Subsistem Pengiriman Data	
Input	<ul style="list-style-type: none"> - Daya - Data kepenuhan tempat sampah - Data sisa kapasitas baterai
Output	<ul style="list-style-type: none"> - Data kepenuhan tempat sampah - Data sisa kapasitas baterai
Fungsi	Meneruskan data yang diperoleh dan diolah oleh lapisan persepsi ke lapisan jaringan

3.1.2 Subsistem Lapisan Jaringan

Lapisan jaringan berfungsi untuk meneruskan dan menyimpan data yang diperoleh dari lapisan persepsi

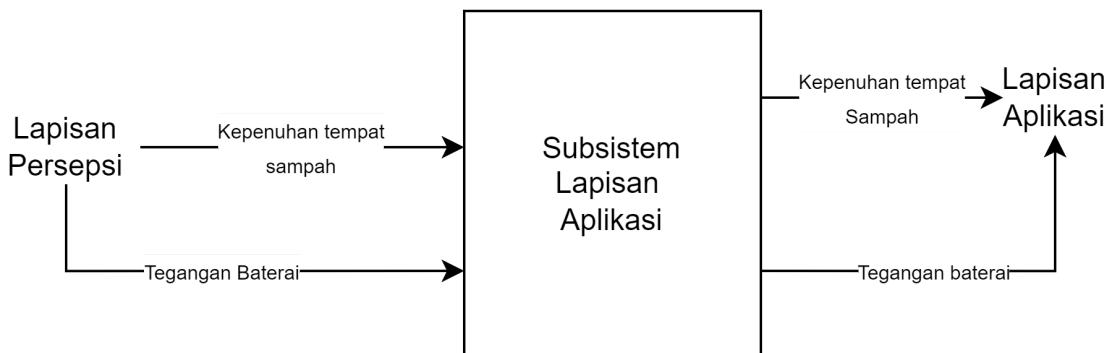


Gambar 3.7 Block Diagram Subsistem Lapisan Jaringan

Tabel 3.7 Subsistem Lapisan Jaringan: Fungsi & I/O

Subsistem Lapisan Jaringan	
Input	- Data kepenuhan tempat sampah - Data sisa kapasitas baterai
Output	- Kondisi kepenuhan tempat sampah di TPSS - Persentase kapasitas baterai
Fungsi	- Melakukan penyimpanan data kondisi tempat sampah dan sisa kapasitas baterai

3.1.3 Subsistem Lapisan Aplikasi



Gambar 3.8 Block Diagram Subsistem Lapisan Aplikasi

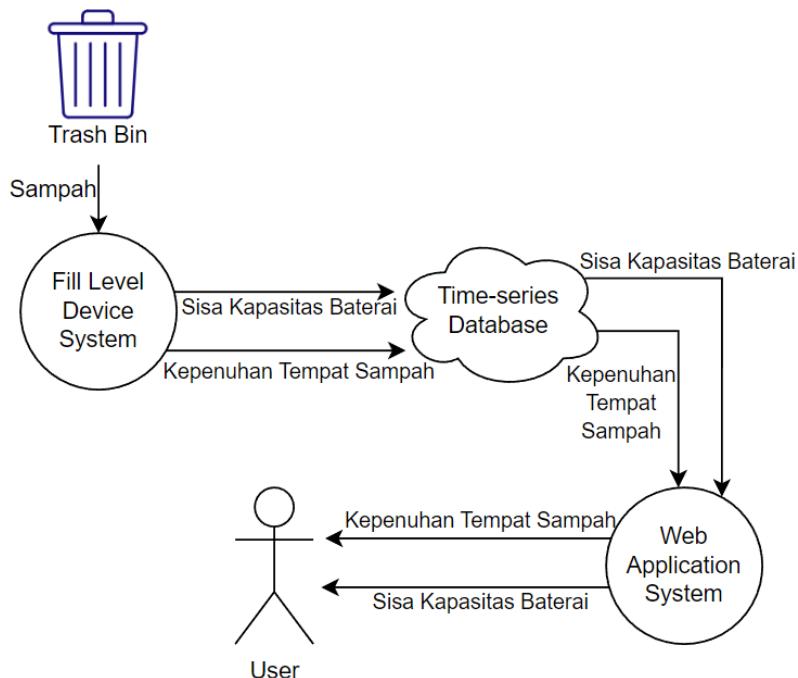
Tabel 3.8 Subsistem Lapisan Aplikasi: Fungsi & I/O

Subsistem Lapisan Aplikasi	
Input	<ul style="list-style-type: none"> - Kondisi kepenuhan tempat sampah di TPSS - Persentase kapasitas baterai
Output	<ul style="list-style-type: none"> - Tampilan kondisi kepenuhan tempat sampah di TPSS - Persentase kapasitas baterai
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> - Memperlihatkan kondisi kepenuhan sampah di TPSS - Memperlihatkan persentase baterai

3.2 Pemodelan Tingkah Laku Sistem

- *DFD level 0*

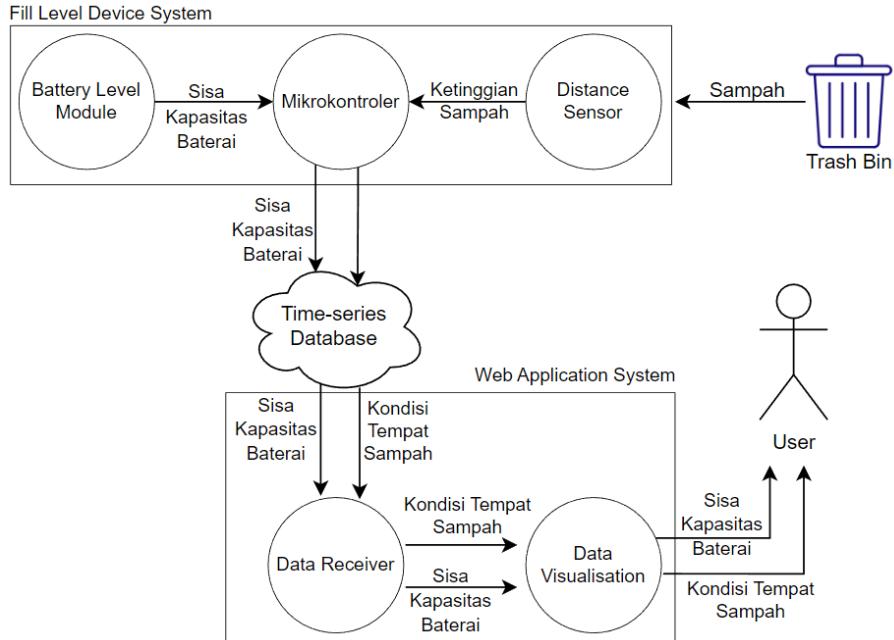
Pemodelan tingkah laku sistem dimulai dari abstraksi paling atas. Pemodelan ditunjukkan oleh Data Flow Diagram (DFD) level 0. Diagram ini menggambarkan interaksi pengguna, yaitu petugas pengambil sampah TPSS ITB dengan sistem yang terdiri dari web aplikasi, time-series database, dan sistem deteksi kepenuhan sampah.



Gambar 3.9 Pemodelan DFD level 0

Sistem dibangun atas 3 bagian : devais deteksi kepenuhan, time-series database, dan aplikasi web. Terdapat 2 interaksi sistem yaitu interaksi dengan lingkungan dan

dengan pengguna. Interaksi dengan lingkungan terjadi di level persepsi yaitu devais deteksi kepuaan. Setelah pembacaan data, devais akan meneruskan data tersebut ke time-series database. Time-series database berfungsi sebagai database kapasitas baterai dan kepuaan tempat sampah terhadap waktu. Data tersebut kemudian diteruskan ke aplikasi web untuk disampaikan ke pengguna melalui *Graphical User Interface*.



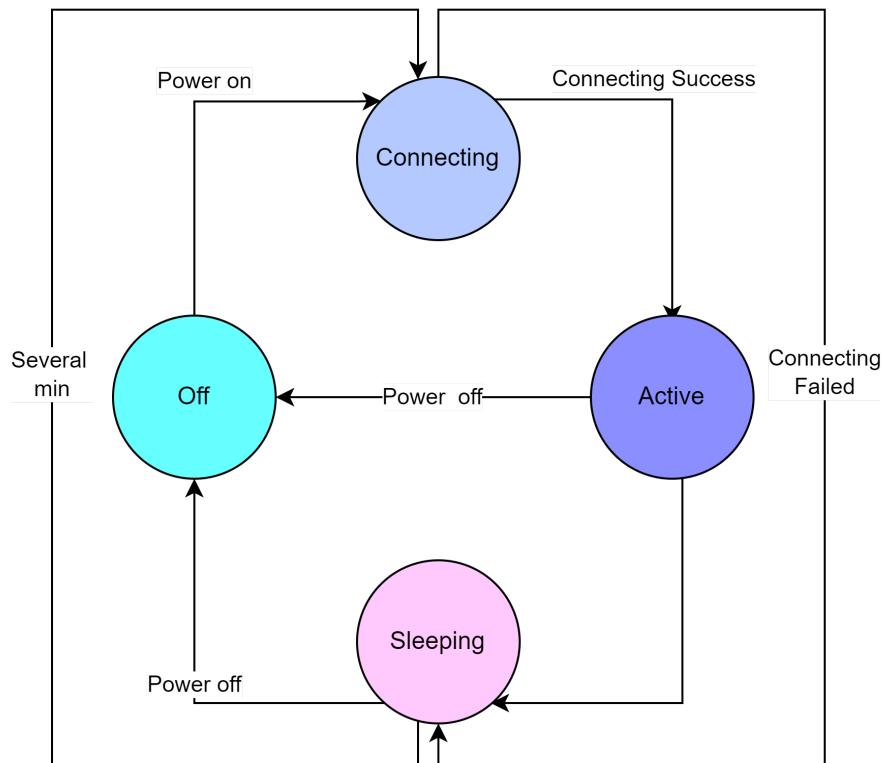
Gambar 3.10 Pemodelan DFD level 1

Rincian dan *breakdown* subsistem lebih lanjut dapat dilihat pada DFD level 1. Pada DFD level 1, devais deteksi kepuaan dibagi menjadi 3 bagian : modul baterai, pemroses data, dan sensor jarak. Modul baterai dan sensor jarak memberikan data sisa baterai dan ketinggian sampah ke pemroses data. Kedua data tersebut diteruskan ke time-series database. Blok aplikasi web juga dipecah menjadi beberapa bagian : blok penerimaan data dan visualisasi data. Blok penerima data bertugas untuk menerima data yang disampaikan dari lapisan jaringan untuk kemudian diteruskan ke blok visualisasi data. Blok visualisasi menampilkan data yang telah diterima dengan bentuk peta lokasi kepuaan dan tabel kepuaan agar mudah dipahami oleh pengguna.

Tingkah laku sistem ditunjukkan pada *state diagram*. Pada devais, terdapat 4 state : off, connecting, active, dan sleeping. Penjelasan masing-masing state adalah sebagai berikut :

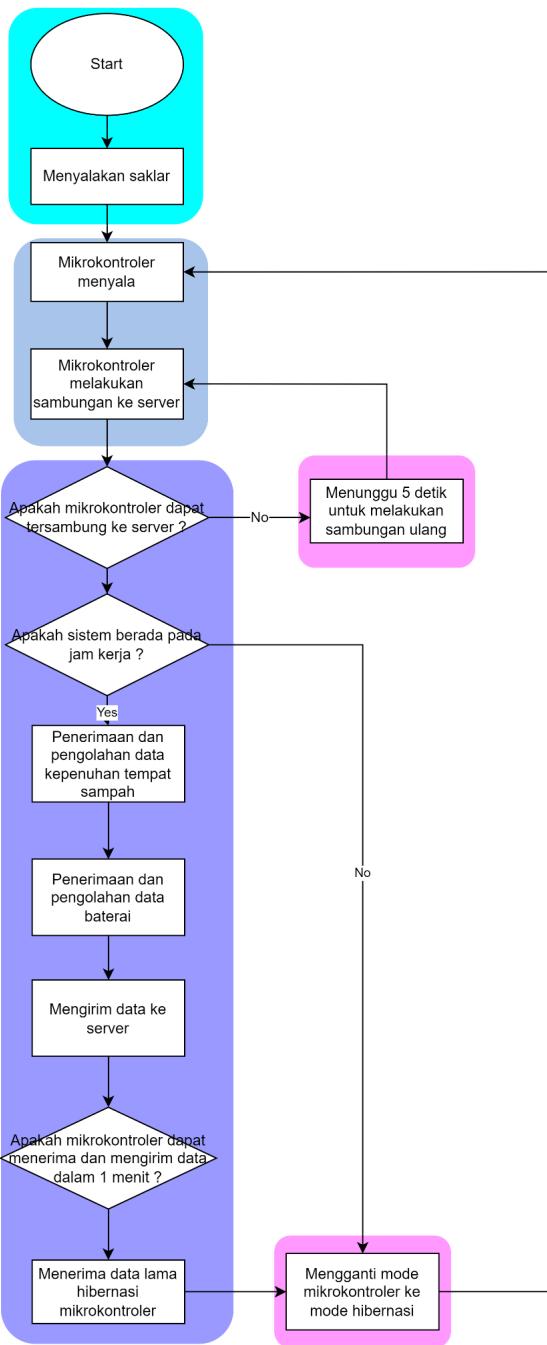
1. State off : Pada state ini tidak ada daya yang masuk ke pemroses data sehingga pemroses data tidak aktif. Apabila daya diaktifkan, sistem akan masuk ke state connecting.
2. State connecting : Pada state ini pemroses data sedang menyambungkan dirinya dengan time-series database. Apabila sambungan berhasil, sistem akan tersambung ke state aktif. Apabila gagal, sistem akan masuk ke state sleeping
3. State active : Pada state ini, sistem akan melakukan pengambilan data kepuaan sampah dan sisa baterai. Data yang telah diperoleh dikirim ke time-series database. Apapun hasilnya (berhasil atau gagal mengirim), sistem akan masuk ke state sleeping

4. State sleeping : Pada state ini, pemroses data berada pada mode hibernasi. Penempatan sistem di mode hibernasi dilakukan untuk menghemat daya ketika sistem tidak sedang melakukan pengambilan data. Parameter lama mode hibernasi diatur pada kode sistem yang akan dijelaskan pada diagram alir. Setelah mode hibernasi selesai, pemroses data akan kembali ke mode normal dan kembali ke state connecting.



Gambar 3.11 State Diagram Sistem

Diagram alir ditunjukkan pada Gambar 3.12. Warna yang berbeda menunjukkan kondisi state sistem yang berbeda. Mula-mula, sistem berada pada kondisi off. Sistem akan berganti state apabila saklar dinyalakan. Pada state berikutnya, sistem akan melakukan sambungan ke server. Apabila gagal, devais akan berlanjut ke state sleeping selama 1 menit. Apabila berhasil, sistem akan meminta data waktunya dahulu ke server. Apabila waktu berada di luar jam kerja, sistem akan berganti ke state sleeping dan berada pada mode hibernasi. Apabila waktu berada pada jam kerja, sistem akan melakukan pengambilan dan pengiriman data sisa baterai dan kepenuhan tempat sampah. Setelah itu sistem kembali ke state sleeping.



Gambar 3.12 Flowchart Sistem

3.3 Desain Software

3.3.1 Pemilihan Software Pengembangan

3.3.1.1 Pemilihan Platform Server Time-Series Database

Pada solusi yang dipilih, terdapat 3 pilihan *Time-series database* yang menjadi pertimbangan : TimescaleDB, InfluxDB, dan OpenTDSB. Dalam memilih *Time-series*

Database, aspek utama yang dipertimbangkan adalah apakah *Time-series database* sudah memenuhi spesifikasi dan layanan yang dibutuhkan. Tabel 3.9 menjelaskan spesifikasi dan layanan masing-masing *Time-series database* yang dipertimbangkan.

Tabel 3.9 Perbandingan Platform Server Time-Series Database

Nama Time-series Database	Gambar	Spesifikasi	Layanan
TimescaleDB		<ul style="list-style-type: none"> - License : Apache License 2.0 - Language : SQL 	<ul style="list-style-type: none"> - Bisa mengambil data dalam jumlah yang sangat banyak setiap detiknya - <i>Queries</i> yang sangat cepat - Beroperasi secara efisien
InfluxDB		<ul style="list-style-type: none"> - License : MIT, Chronograf, GPLv3, Clustering, Commercial - Language : JavaScript, Python, Go, PHP, C# 	<ul style="list-style-type: none"> - Sebuah API dan toolset untuk aplikasi realtime - Time series database dengan performansi tinggi - komunitas pengembang open source dan cloud yang besar
OpenTSDB		<ul style="list-style-type: none"> - License : Apache License 2.0 - Language : Java 	<ul style="list-style-type: none"> - Mempunyai presisi penyimpanan data yang cepat - Dapat menyimpan Jutaan data dengan cepat - Dapat memvisualisasi data dengan GUI

Dapat dilihat pada layanan di Tabel 3.9, semuanya memiliki layanan yang berguna untuk menjadi *Time-series database* devais. Devais hanya memerlukan pengambilan data dalam rentang waktu sehingga tidak diperlukan penyimpanan yang sangat cepat dan juga penyimpanan data yang sedikit tiap menerima data dari devais, sehingga semua *Time-series database* yang ada pada Tabel 3.9 bisa digunakan. Dari spesifikasi menunjukkan hanya satu *Time-series database* yang dapat menjalankan empat bahasa pemrograman yang berbeda, karena penulis memiliki preferensi bahasa pemrograman terhadap Python dan C# sehingga dipilih *Time-series database InfluxDB*.

3.3.1.2 Pemilihan Aplikasi Antarmuka

Pada solusi yang dipilih, terdapat 2 pilihan aplikasi antarmuka yang menjadi pertimbangan : Grafana dan Android Studio. Dalam memilih aplikasi antarmuka, aspek yang dilihat adalah layanan yang diberikan. Tabel 3.10 menjelaskan layanan masing-masing aplikasi antarmuka yang dipertimbangkan.

Tabel 3.10 Perbandingan Aplikasi Antarmuka

Nama Interface	Gambar	Layanan
Grafana	 Grafana	<ul style="list-style-type: none">- Bisa membuat visualisasi data yang cepat dan bagus- Dapat dihubungkan langsung ke WhatsApp dan Email untuk notifikasi.
Android Studio		<ul style="list-style-type: none">- Bisa membuat visualisasi data menjadi aplikasi yang digunakan user.- Penggunaan Aplikasi lebih bagus dan mudah dilihat.
React		<ul style="list-style-type: none">- ReactJS menggunakan Virtual DOM untuk rendering yang efisien, membuat aplikasi web lebih responsif.- Pendekatan komponen memudahkan pengembangan, pemeliharaan, dan pengujian aplikasi.

Dapat dilihat pada Tabel 3.10, layanan yang ada pada kedua pilihan menampilkan visualisasi data nya dengan *platform* yang berbeda, Grafana dan React menggunakan *Web base platform* sedangkan Android Studio menggunakan *Mobile base platform*. Grafana dan React memudahkan pengguna untuk membuka aplikasi nya dengan cara membuka website, sedangkan Android Studio harus mengunduh aplikasi eksternal ke dalam *Mobile Device* agar bisa diakses. Karena target yang diinginkan untuk antarmuka adalah penggunaan aplikasi yang mudah dibuka dan dilihat oleh user, maka aplikasi antarmuka yang dipilih adalah **React**.

3.4 Desain Hardware

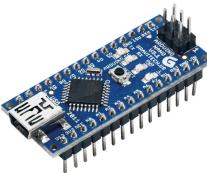
3.4.1 Pemilihan Komponen pemroses data dan Sensor

3.4.1.1 Pemilihan Pemroses Data

Pada solusi yang dipilih, terdapat 3 pilihan pemroses data yang menjadi pertimbangan : Mikrokontroler Arduino Nano, Mikrokontroler ESP8266, dan Mikrokontroler ESP32. Dalam memilih pemroses data, aspek utama yang dipertimbangkan adalah apakah

pemroses data sudah memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan. Apabila spesifikasi telah dipenuhi, dilihat aspek harga sebagai pertimbangan. Tabel 3.11 menjelaskan spesifikasi masing-masing pemroses data yang dipertimbangkan.

Tabel 3.11 Perbandingan Pemilihan Mikrokontroler

Nama Sensor	Gambar	Spesifikasi
Arduino Nano		<ul style="list-style-type: none"> - Processor : ATmega328 16MHz - Operating voltage 5V - 14 Digital I/O Pins - 8 Analog input pins, 0-5V - Dimensi 18mm * 45mm - Harga Rp65.000,00
ESP8266		<ul style="list-style-type: none"> - Processor : L106 32-bit 80MHz or 160MHz - Operating voltage 2.5-3.6V - 17 Digital I/O Pins - 1 Analog input pin, 0-1V - Dimension 24.75 * 14.5 mm - Built in Wi-Fi Module - Harga Rp30.000,00
ESP32		<ul style="list-style-type: none"> - Processor : Xtensa dual-core 32-bit LX6, 160 or 240MHz - Operating voltage 2.2-3.6V - 39 Digital I/O Pins - 18 Analog Input pins - Dimension 18mm * 25.5 mm - Harga Rp70.000,00

Dari tabel di atas, dapat dilihat Mikrokontroler ESP8266 dan EP32 memiliki kecepatan processor dan pin I/O yang lebih banyak daripada Mikrokontroler Arduino Nano. Akan tetapi, hal tersebut tidak berpengaruh karena berdasar rancangan yang telah dibuat, hanya dibutuhkan 2 port input, yaitu input yang menerima masukan dari sensor dan modul manajemen daya. Hal krusial yang menjadi pertimbangan disini adalah adanya modul Wi-Fi built in pada Mikrokontroler ESP32 dan ESP8266. Pada Arduino Nano, diperlukan modul tambahan agar sistem dapat terkoneksi dengan Wi-Fi. Modul tambahan ini akan menambah harga produksi dan sambungan pada sistem. Dari segi dimensi, ketiga alternatif sudah cukup kecil untuk masuk ke dalam tempat sampah. Dari aspek harga, mikrokontroler ESP8266 memiliki harga paling rendah. Dari pertimbangan tersebut, dipilih mikrokontroler **ESP8266**.

3.4.1.2 Pemilihan Sensor

Spesifikasi yang diperlukan dari sensor jarak adalah mampu melakukan pengukuran jarak puncak level sampah dari tutup tempat sampah. Adapun kondisi lingkungan yang diukur adalah statis, artinya tidak ada pergerakan dari level sampah pada rentang waktu yang pendek. Selain itu, spesifikasi yang perlu dipenuhi adalah sudut pandang sensor dan jangkauan sensor. Untuk dapat mendeteksi sampah secara akurat, sensor harus mampu mendeteksi pada rentang arah tertentu, tidak hanya pada 1 arah saja. Namun, sudut sensor harus cukup kecil sehingga tidak ada pengaruh dari tepi tempat sampah. Selain itu, jangkauan sensor juga harus sesuai dengan ukuran TPSS.

Tabel 3.12 Perbandingan Pemilihan Sensor

Nama Sensor	Gambar	Spesifikasi
HCSR04 (US)		<ul style="list-style-type: none">- Working voltage 5V- Working current 15mA- Range 2cm - 4m- Measuring angle 15 degree- Accuracy 0.3 cm- dimension 45*20*15 mm- Harga Rp12.000,00
JSN-SR04T		<ul style="list-style-type: none">- Operating Voltage 3.0-5.5V- Working current <8mA- Range 20-600cm- Accuracy +/-1cm- Resolution 1mm- Measuring angle 75 degree- Dimension 42*29*12 mm- Harga Rp70.000,00
SHARP GP2Y0A21YK OF		<ul style="list-style-type: none">- Operating voltage : 4.5~5.5V- Range : 10~80 cm- Working current : 30mA- Dimension : 29.5*13*13.5mm- Harga Rp74.000,00

Tabel 3.12 menunjukkan pilihan komponen sensor jarak. Terdapat 2 sensor ultrasonik dan 1 sensor infrared. Dari ketiganya, sensor yang memiliki jangkauan jarak paling cocok dengan dimensi tempat sampah adalah sensor HC SR04 dan JSN-SR04T, yaitu jangkauan hingga lebih dari 400 cm. Aspek berikutnya yang diperhatikan adalah derajat pengukuran. JSN-SR04T memiliki derajat pengukuran yang relatif lebih tinggi dari HC SR04, yaitu 75 dibandingkan 15. Jangkauan sudut yang besar dapat mengakibatkan adanya pengaruh

dinding tempat sampah. Dari pertimbangan tersebut, dipilih sensor HC SR04 sebagai sensor yang digunakan.

3.4.2 Daya

Tabel 3.14 Perbandingan Baterai

Baterai	Gambar	Spesifikasi
Battery Rechargeable Li-Ion / Lithium Ion 14500 3,7V 3000mAh size AA		<ul style="list-style-type: none"> - Voltage 3.7 Volt DC - Capacity 3000 mAh

Digunakan baterai rechargeable Li-Ion bertegangan 3.7V. Dipilih baterai dengan ukuran berorde ribuan mAh agar waktu antar pergantian baterai lebih lama. Secara kasar, perhitungan lama tahan devais untuk setiap penggunaan daya 1000mAh adalah sebagai berikut :

Mode	Komponen	Arus (mA)	Durasi	Total daya yang dikonsumsi (mAh)
Hibernasi	Mikrokontroler	5uA	10 menit	5/6000
	Sensor Ultrasonik	0uA	10 menit	0
Aktif - Sampling Data	Mikrokontroler	90mA (kemungkinan terburuk)	1 detik	90/3600
	Sensor Ultrasonik	15mA		15/3600
Aktif - Pengiriman Data	Mikrokontroler	90mA (kemungkinan terburuk)	10 detik	90/360
	Sensor Ultrasonik	0uA		0
Total			11 menit 1 detik	0.28

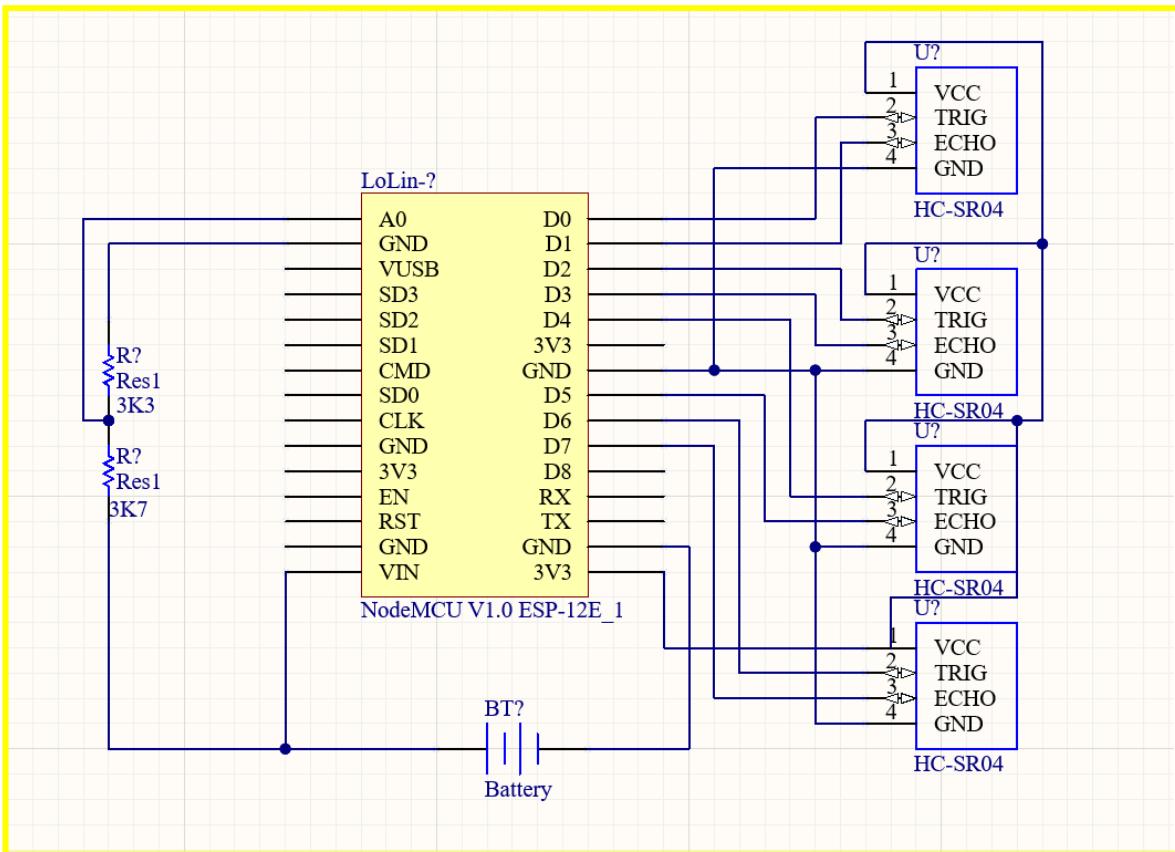
Sementara itu, di luar jam operasi (17.00-8.00), mikrokontroler diatur pada mode hibernasi. Pada rentang waktu ini, mikrokontroler mengonsumsi daya 0.005 mAh setiap

jamnya. Dari tabel di atas, dapat dihitung waktu guna devais untuk setiap penggunaan daya 1000mAh :

$$\frac{1000}{\frac{9}{11/60} * 0.28 + 15 * 0.005} = 72 \text{ hari}$$

3.5 Skematik Rangkaian

Berikut adalah skematik rangkaian devais yang akan dirancang. Rangkaian terdiri dari ESP8266 sebagai mikrokontroler, HC-SR04 sebagai sensor, dan terdapat 1 pembagi tegangan yang terhubung ke mikrokontroler untuk mengecek tegangan baterai.



Gambar 3.13 Skematik Rangkaian

4 Pengujian Sistem

4.1 Pengujian Subsistem

Pengujian subsistem berfungsi untuk memastikan setiap modul dan subsistem pada devais yang dirancang berfungsi dengan baik.

4.1.1 Pengujian Konektivitas Sistem

Tabel 4.1 Pengujian Konektivitas Sistem

Komponen terkait	Mikrokontroler dan Lapisan Jaringan
Masukan Pengujian	Pengubahan kondisi saklar menjadi <i>on</i>
Objek yang Diuji	Konektivitas mikrokontroler - jaringan
Prosedur Pengujian	1. Nyalakan mikrokontroler, pada kode ditulis mikrokontroler akan memberikan pesan sukses apabila telah tersambung ke server

4.1.2 Penerimaan Data Kepenuhan Tempat Sampah

Tabel 4.2 Penerimaan Data Kepenuhan Sampah

Komponen terkait	Sensor Ultrasonik dan Mikrokontroler
Masukan Pengujian	Kondisi tempat sampah
Objek yang Diuji	Hasil pembacaan sensor
Prosedur Pengujian	<ol style="list-style-type: none">2. Variasikan kondisi tempat sampah berdasarkan ketinggian level sampah3. Gunakan sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian level sampah4. Pada kode mikrokontroler, cetak jarak terukur pada serial monitor5. Catat hasil beserta galat yang diperoleh

4.1.3 Penerimaan Data Kapasitas Baterai

Tabel 4.3 Penerimaan Data Kapasitas Baru

Komponen terkait	Mikrokontroler dan Baterai
Masukan Pengujian	Kondisi sisa baterai
Objek yang Diuji	Hasil pembacaan kapasitas baterai
Prosedur Pengujian	<ol style="list-style-type: none">1. Gunakan baterai yang terhubung dengan mikrokontroler2. Bandingkan dengan hasil pengukuran mikrokontroler menggunakan voltmeter3. Catat hasil beserta galat yang diperoleh.

4.1.4 Pengujian Time-Series Database

Tabel 4.4 Pengujian Time-Series Database

Komponen terkait	Database, Hosting Server, Domain, Mikrokontroler dan Wi-Fi
Masukan Pengujian	Penerimaan data di Database
Objek yang Diuji	Hasil penerimaan data di Database

Prosedur Pengujian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Setup pengiriman data ke hosting server pada kode di Mikrokontroler. 2. Setup hubungan antara hosting server dan database 3. Buat Tabel database pada database 4. Jalankan kode pada mikrokontroler dan lihat data yang keluar pada database 5. Catat hasil yang muncul di database dan bandingkan dengan data yang dikirim mikrokontroler.
--------------------	--

4.1.5 Pengujian Aplikasi Berbasis Web

Tabel 4.5 Pengujian Aplikasi Berbasis Web

Komponen terkait	Database, Web Application dan
Masukan Pengujian	Penerimaan data di Database
Objek yang Diuji	Hasil penerimaan data di Database
Prosedur Pengujian	<ol style="list-style-type: none"> 6. Setup pengiriman data ke hosting server pada kode di Mikrokontroler. 7. Setup hubungan antara hosting server dan database 8. Buat Tabel database pada database 9. Jalankan kode pada mikrokontroler dan lihat data yang keluar pada database 10. Catat hasil yang muncul di database dan bandingkan dengan data yang dikirim mikrokontroler.

4.2 Pengujian Spesifikasi

4.2.1 Pengujian Akurasi dan Presisi

Tabel 4.6 Pengujian Akurasi dan Presisi

Komponen terkait	Sensor, Mikrokontroler
Masukan Pengujian	Variasi level sampah
Objek yang Diuji	Akurasi pengukuran
Prosedur Pengujian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lakukan pengukuran pada suatu nilai level ketinggian sampah 2. Lakukan pengukuran sebanyak 10 kali 3. Catat standar deviasi dan simpangan terjauh pengukuran 4. Lakukan untuk nilai level ketinggian sampah yang lain

4.2.2 Pengujian Ketahanan Air

Tabel 4.7 Pengujian Ketahanan Air

Komponen terkait	Casing produk
Masukan Pengujian	Uji tahan air
Objek yang Diuji	Ketahanan air casing
Prosedur Pengujian	<ol style="list-style-type: none">1. Menyiram devais yang dilengkapi casing dengan air2. Melihat di dalam casing apakah terdapat kebocoran3. Menguji apakah devais masih dapat berfungsi dengan baik

5 Jadwal Pengerjaan

No	Kegiatan	PIC	Waktu Pengerajan Kegiatan	Persen tase Kegiatan	Pekan 0	Pekan 1	Pekan 2	Pekan 3	Pekan 4	Pekan 5	Pekan 6	Pekan 7	Pekan 8	Pekan 9
1	Pengadaan Barang	Morteza	1	4%	S	N	T	F	S	N	T	V	F	S
2	Penyusunan Hardware	Morteza												
	Penyusunan Rangkaian	Morteza		4%										
	Implementasi Kode	Morteza		4%										
	Unit Tes Subsistem	Morteza		4%										
	Debugging	Morteza		4%										
	Unit Tes Subsistem II	Morteza		4%										
	Desain PCB, Print PCB, dan Integrasi	Morteza		4%										
3	Casing	Morteza												
	Desain Casing	Morteza		4%										
	Produksi Casing dan Integrasi	Morteza		4%										
4	Laporan Jaringan dan Aplikasi	Praveen												
	Hosting Domain dan Server	Praveen		4%										
	Penyusunan Database	Praveen		4%										
	Integrasi Server dengan Database	Praveen		4%										
	Penyusunan Algoritma Pemrosesan Data pada Database	Praveen		4%										
	Unit Test Laporan Jaringan	Praveen		4%										
	Penghubungan Database dengan Web Application	Praveen		4%										
	Pembuatan Visualisasi Data	Praveen		4%										
	Unit Test Laporan Aplikasi	Praveen		4%										
	Debugging	Praveen		4%										
	Unit Test 2	Praveen		4%										
5	Implementasi													
	Perizinan kepada Sarpras ITB	Morteza		4%										
	Implementasi pada TPSS ITB	Praveen		4%										
	Evaluasi	Morteza & Praveen		4%										
6	Dokumentasi Pengerjaan	Morteza & Praveen		4%										

6 Lampiran