

SOULME: IoT Sistem Monitoring Pengeras Suara Masjid (Studi kasus di Masjid Al Hidayah Kimpulan Utara Kampus UII)

Rahmadita Syaffiyana, Iqbal Panca Putra, Alvin Sahroni*

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

*Corresponding E-mail: alvinsahroni@uii.ac.id

ABSTRAK

Keberadaan dan penggunaan pengeras di masjid terkadang menimbulkan polemik di masyarakat khususnya bagi daerah yang masyarakatnya heterogen dimana ada masyarakat yang terkadang merasa kurang nyaman atau terganggu dengan bising dari pengeras suara dari masjid atau tempat ibadah lainnya. Di beberapa tempat penggunaan pengeras suara ini sudah diatur khususnya pada waktu tertentu, misalnya pada malam hari ketika orang sedang beristirahat, dimana volume pengeras suara harus diatur sedemikian rupa. Hal ini membutuhkan sebuah inovasi yang mampu memonitor tingkat kebisingan dari pengeras suara. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengkaji tingkat keberhasilan alat monitoring pengeras suara masjid berbasis IoT. Pengukuran dilakukan dengan variasi jarak dari sumber suara dan besarnya tingkat kebisingan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan mampu memonitor tingkat kebisingan dengan jarak antara 5 sampai dengan 100 meter dengan tingkat kesalahan 1,84 dB. Keunggulan dari alat ini yaitu bersifat *portable*, ukurannya kecil (mudah disimpan) dan dapat dilakukan pengisian daya dengan sumber dari listrik (dapat *dicharge*). Dengan keunggulan yang dimilikinya, maka alat ini dapat dijadikan solusi bagi pengurus masjid dalam mengatur penggunaan alat pengeras suara.

Kata Kunci: IoT, kebisingan, masjid, *monitoring*, pengeras suara.

ABSTRACT

The existence and use of loudspeakers in mosques sometimes creates polemics in society, especially in areas where the people are heterogeneous where some people sometimes feel uncomfortable or disturbed by the noise from loudspeakers from mosques or other places of worship. In some places the use of loudspeakers has been regulated especially at certain times, for example at night when people are resting, where the loudspeaker volume must be adjusted in such a way. This requires an innovation that is able to monitor the noise level of the loudspeakers. The purpose of this study is to examine the success rate of IoT-based mosque loudspeaker monitoring tools. Measurements were made with variations in the distance from the sound source and the amount of noise level. The test results show that the developed tool is capable of monitoring noise levels at a distance of 5 to 100 meters with an error level of 1.84 dB. The advantages of this tool are that it is portable, small in size (easy to store) and can be charged using an electric source (can be charged). With its advantages, this tool can be used as a solution for mosque administrators in managing the use of loudspeakers.

Keywords: IoT, noise, mosque, *monitoring*, loudspeaker.

I. PENDAHULUAN

Kebisingan dapat didefinisikan sebagai suara yang tidak diinginkan yang menimbulkan ketidaknyamanan bagi pendengarnya. Bising dapat diartikan sebagai bunyi yang tidak dikehendaki yang bersumber dari aktivitas alam seperti bicara dan aktivitas buatan manusia seperti penggunaan mesin [1]. Pada umumnya sumber kebisingan berasal dari aktivitas lalu lintas, pagelaran hiburan, pabrik/industri, pesawat terbang, kereta api, bahkan kebisingan itu sendiri dapat pula berasal dari rumah ibadah seperti masjid. Masalah pengeras suara masjid pernah menjadi polemik di Masjid Darussalam Janti Slahung karena tidak sesuai dengan peraturan, sehingga dianggap mengganggu kenyamanan oleh beberapa pihak, karena diakibatkan oleh kurangnya pengetahuan dalam pengelolaan pengeras suara [2]. Peraturan terkait pengeras suara masjid pada umumnya sudah ditetapkan di beberapa negara timur tengah begitu pula dengan Indonesia. Namun tidak banyak masjid bahkan hampir semua masjid tidak memiliki sebuah alat yang dapat mendeteksi besar suara yang dihasilkan dari toa masjid. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melakukan observasi/wawancara kepada setiap warga di area masjid mengenai pengeras suara masjid dengan berbagai macam persentase volume pengeras suara, untuk mendapatkan besar persentase volume yang dianggap nyaman untuk didengar.

Berdasarkan paparan diatas, maka kami dapat merumuskan bahwa memang dibutuhkan suatu teknologi untuk dapat membantu memantau tingkat kebisingan suara masjid yang diterima oleh warga sekitar secara langsung, yang dimana pengurus masjid dapat langsung *mensetting* besar volume suara toa masjid, ketika pemantauan menunjukkan suara yang diterima warga sekitar terlalu kecil ataupun tergolong suara yang kurang nyaman untuk didengar.

Sebagai langkah awal dalam *prototyping* sistem *monitoring* kekuatan suara masjid tersebut, kami

menggunakan masjid al-hidayah kimpulan sebagai tempat melakukan studi kasus, dikarenakan pada masjid tersebut dikabarkan pernah adanya masalah/laporan warga terkait suara toa masjid yang terlalu keras.

Adapun tujuan dari usulan sistem ini adalah untuk memberikan alternatif solusi sistem *monitoring* atau pemantauan kekuatan suara masjid untuk mendapatkan besar volume suara toa masjid yang ideal. Sehingga, suara yang dihasilkan dari masjid bukanlah suara yang terlalu kecil ataupun suara yang tidak nyaman untuk didengar.

Alternatif solusi lain yang dapat digunakan adalah dengan membuat suatu sistem *automatic gain* pada mikrofon masjid. Sistem ini berfungsi untuk menempatkan kekuatan suara yang masuk pada mikrofon menjadi stabil pada nilai yang ditentukan, kemudian sistem ini dilengkapi dengan sistem pengukuran kekuatan suara masjid untuk menentukan batasan nilai tersebut.

Proses observasi yang kami lakukan bertujuan untuk memastikan bahwa rancangan sistem yang diusulkan sesuai dengan batasan realistis yang ditentukan serta telah mengakomodasi kebutuhan awal *prototyping* yang telah disesuaikan dengan keinginan pengguna. Untuk mencapai hal tersebut, tahapan observasi ini diawali dengan mengumpulkan informasi-informasi dasar tentang kebutuhan sistem yang akan digunakan oleh pengguna, dalam hal ini adalah pengurus masjid. Terdapat dua hal utama sebagai luaran dari proses observasi ini yaitu kumpulan informasi solusi yang memungkinkan dan spesifikasi sistem yang telah disesuaikan dengan kebutuhan pengguna.

Proses observasi diawali dengan pengumpulan berbagai macam informasi berkaitan dengan solusi yang akan dirancang untuk menanggulangi permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya. Tabel 1.1 menampilkan beberapa kumpulan sumber informasi yang menunjukkan beberapa alternatif solusi yang telah dibuat saat ini untuk membantu memantau kondisi kekuatan suara.

Tabel 1.1. Kumpulan solusi yang identik dengan proyek tugas akhir

Penulis	Usulan Solusi	Hasil / Evaluasi
Handri dkk. (2020) [3]	Monitoring suara di ruang bayi rumah sakit, dengan menggunakan sensor suara dan mikrokontroler Arduino ATmega 328p. Media transmisi data tidak dijelaskan	Konsep IoT belum terlihat, namun ketika terdeteksi suara yang melebihi batas suara yang ditentukan maka peringatan berupa buzz akan berbunyi dan led menyala.
S. Amarta, dkk. (2019) [4]	Monitoring kekuatan suara, menggunakan mikrokontroler Nodemcu 8266. Media transmisi data menggunakan ESP8266 yang terhubung dengan LAN berbasis ThingSpeak	Hasil perancangan dan validasinya tidak dibahas secara detail, namun dalam komunikasi data sudah menggunakan teknologi ThingSpeak dan menunjukkan IoT yang sebenarnya
T. Ervina, dkk. (2019) [5]	Monitoring tingkat kebisingan di Institut Teknologi Sumatera. Sistem IoT menggunakan ThingSpeak	Akurasi dan hasil sudah baik. Konsep IoT yaitu menampilkan data yang tersimpan pada <i>web server</i> .

A. Dzaki, dkk (2019) [6]	Alat pengukur kebisingan menggunakan mikrokontroler Arduino uno dan sensor MAX9814	Hasil perancangan dan validasinya tidak dibahas secara detail, namun akurasi dan hasil sudah baik. Belum berbasis IoT
--------------------------	--	---

Berdasarkan hasil penelusuran tersebut, dapat dilihat bahwa secara umum sensor yang digunakan untuk mengukur kondisi suara yang besar atau bising adalah sensor MAX9814 karena memiliki batas pengukuran yang cukup tinggi. Untuk mikrokontroler yang umum digunakan adalah ESP8266 dikarenakan mikrokontroler ini sudah mendukung sistem IoT. Konsep IoT masih ditemukan dengan berbagai macam opsi/pilihan maka dari itu masih perlu dilakukan tahap observasi untuk mendapatkan konsep IoT yang cocok dengan sistem monitoring ini sendiri kemudian tahapan observasi juga

diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pengguna dalam menentukan kebutuhan dan spesifikasi sistem yang sesuai.

Proses survei diawali dengan menghubungi pengurus masjid yang pada masjid tersebut pernah adanya keluhan dari warga sekitar akan suara toa masjidnya. Setelah mendapatkan narasumber yang tepat, selanjutnya kami melakukan persiapan berupa daftar pertanyaan yang dapat bermanfaat untuk membantu menentukan spesifikasi sistem dan kebutuhan pengguna (Tabel 1.2). Adapun beberapa pertanyaan yang disiapkan dan respon dari petani adalah sebagai berikut:

Tabel 1.2. Hasil survei antara pengembang dan pengguna

Pertanyaan	Jawaban/tanggapan
Apakah benar pernah ada keluhan warga terkait pengeras suara masjid al-hidayah yang terlalu keras?	Iya, benar. Hal itu pernah dikeluhkan oleh salah seorang warga yang rumahnya cukup berdampingan dengan masjid.
Kenapa keluhan tersebut dapat terjadi? Apakah pernah mengalami masalah panen yang gagal atau tidak optimal?	Karena kami tidak tau pasti akan besar volume suara yang pas atau nyaman untuk didengar.
Tindakan apa yang dilakukan pengurus masjid untuk menanggapi keluhan tersebut?	Meminta maaf kepada warga tersebut dan melakukan pengecilan volume toa masjid.
Bagaimana cara pengurus masjid mengetahui kualitas suara masjid sudah nyaman untuk didengar?	Hanya dengan memperkirakannya saja. Salah satu bagian yang dapat mempengaruhi gagal panen atau tidak, sehingga memang perlu cara yang lebih efektif untuk memperhatikan kondisi tanah
Jika ada sebuah teknologi yang bisa memantau besar kekuatan suara toa masjid, yang dengan pengukuran tersebut bisa digunakan sebagai acuan dalam mengatur besar volume masjid, apakah hal tersebut dapat bermanfaat?	Ya, tentu, dikarenakan kami sendiri masih merasa kebingungan untuk mendapatkan besar volume pengeras suara yang pas/ nyaman untuk didengar oleh para warga.
Apakah perlu memonitoring tanah 24 jam secara penuh?	Tidak perlu, karena setelah mendapatkan besar volume yang tepat maka kami tidak akan mengubah volume tersebut, kecuali ketika ada event-event tertentu semisal lebaran eid, pengajian akbar, dll.
Apakah pengurus masjid memiliki smartphome, dan dapat mengoperasikan smartphome dengan baik?	Iya, beberapa pengurus masjid adalah mahasiswa dan tinggal di masjid dan cukup mahir dalam menggunakan smartphome
Apa sistem operasi pada smartphome pengurus masjid? Apakah android atau ios?	Android

Berdasarkan informasi yang didapatkan dari hasil survei/wawancara dengan salah seorang pengurus masjid dan penelusuran beberapa literatur / teknologi yang telah dikembangkan, maka sistem ini akan kami rancang dengan fitur IoT, sehingga pengguna dapat memonitoring

kekuatan suara secara langsung dari masjid, kemudian kami menentukan daftar spesifikasi dari sistem yang akan dikembangkan sebagai solusi permasalahan yang diangkat. Berikut adalah daftar spesifikasi lengkapnya.

Table 1.3. Spesifikasi Alat

Aspek	Spesifikasi Alat
Fitur alat	Mengukur kekuatan suara dengan presisi dan akurasi yang baik, dan dimonitoring secara langsung.
Komunikasi data	Berbasis IoT dengan menggunakan modem pada minimal jaringan 3G
Posisi pemasangan alat	Memiliki pola linier antar alat
Jarak terjauh peletakan alat	100m
Penyimpanan	Menyimpan data di Cloud
Kemampuan baterai	Baterai mampu bertahan hingga 81 kali pemakaian jika setiap waktu pemakaian dilakukan selama 30 menit.
Hasil pengukuran	dB(<i>decibel</i>)
Dimensi alat	161.1 x 46.1 x 31.3mm
Mikrokontroler	10 bit ADC WiFi IEEE 802.11 b/g/n
Sensor kekuatan suara	Nilai Maksimum kekuatan suara 93dB Nilai Minimum kekuatan suara 30 dB Frekuensi Sampling 40kHz
Aplikasi user interface	MIT App Inventor

Berdasarkan spesifikasi tersebut, maka selanjutnya akan dirancang usulan sistem yang memenuhi kriteria yang telah disebutkan diatas.

II. METODOLOGI

Dalam perancangan sistem rekayasa, beberapa tahapan perlu dilakukan sesuai dengan kebutuhan dalam *engineering design*. Adapun tahap tersebut yaitu *Empathize, Define, Ideate, Prototype, test, dan implement*. Proposal ini adalah sebagai suatu cara untuk memenuhi standar keteknikan dalam perancangan sistem meliputi tahapan *Empathize, Define, dan Ideate*. Tahapan- tahapan tersebut seperti siklus yang didalamnya dapat terjadi perubahan, perbaikan, maupun penambahan yang bertujuan untuk memenuhi spesifikasi kebutuhan pengguna (Gambar 2.1).



Gambar 2.1. Siklus perancangan suatu sistem rekayas

2.1 Empathize

Empathize merupakan tahap dimana para anggota melakukan investigasi terkait permasalahan yang terjadi pada lingkungan sekitar. Sehingga didapatkan sebuah isu bahwa pernah terjadinya sebuah permasalahan yang berkaitan dengan volume suara masjid yang dianggap tidak nyaman untuk didengar.

2.2 Define

Pada tahap ini anggota tim merumuskan masalah berdasarkan *survey* dan *research* yang telah dilakukan sebelumnya. Sehingga didapatkan rumusan bahwa dibutuhkannya suatu teknologi yang dapat membantu memantau besar kekuatan suara masjid yang diterima oleh warga sekitar secara langsung, sehingga pengurus masjid dapat langsung mensetting besar volume suara toa masjid berdasarkan hasil ukur kekuatan suara tersebut.

2.3 Ideate

Ideate adalah mewujudkan desain/rancangan dengan memperhatikan data-data yang telah dikumpulkan sebelumnya. Dari rumusan yang telah ditentukan sebelumnya maka alat yang dirancang harus memiliki fitur IoT untuk melakukan pengiriman data pengukuran kepada pengguna kemudian beberapa aspek yang menjadi perhatian besar di dalam mewujudkan rancangan adalah spesifikasi dan kebutuhan pengguna.

2.4 Prototype

Pada tahap ini produk yang telah dirancang dan didesain akan mulai dibuat dan dirakit secara manual dengan

menggunakan alat dan bahan yang telah dipersiapkan sebelumnya. Pada tahap ini sendiri terdiri dari tiga bagian yaitu elektrik, mekanik, dan aplikasi. Hasil dari tahap ini harus mencapai spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya, seperti yang ditunjukkan pada table 1.3.

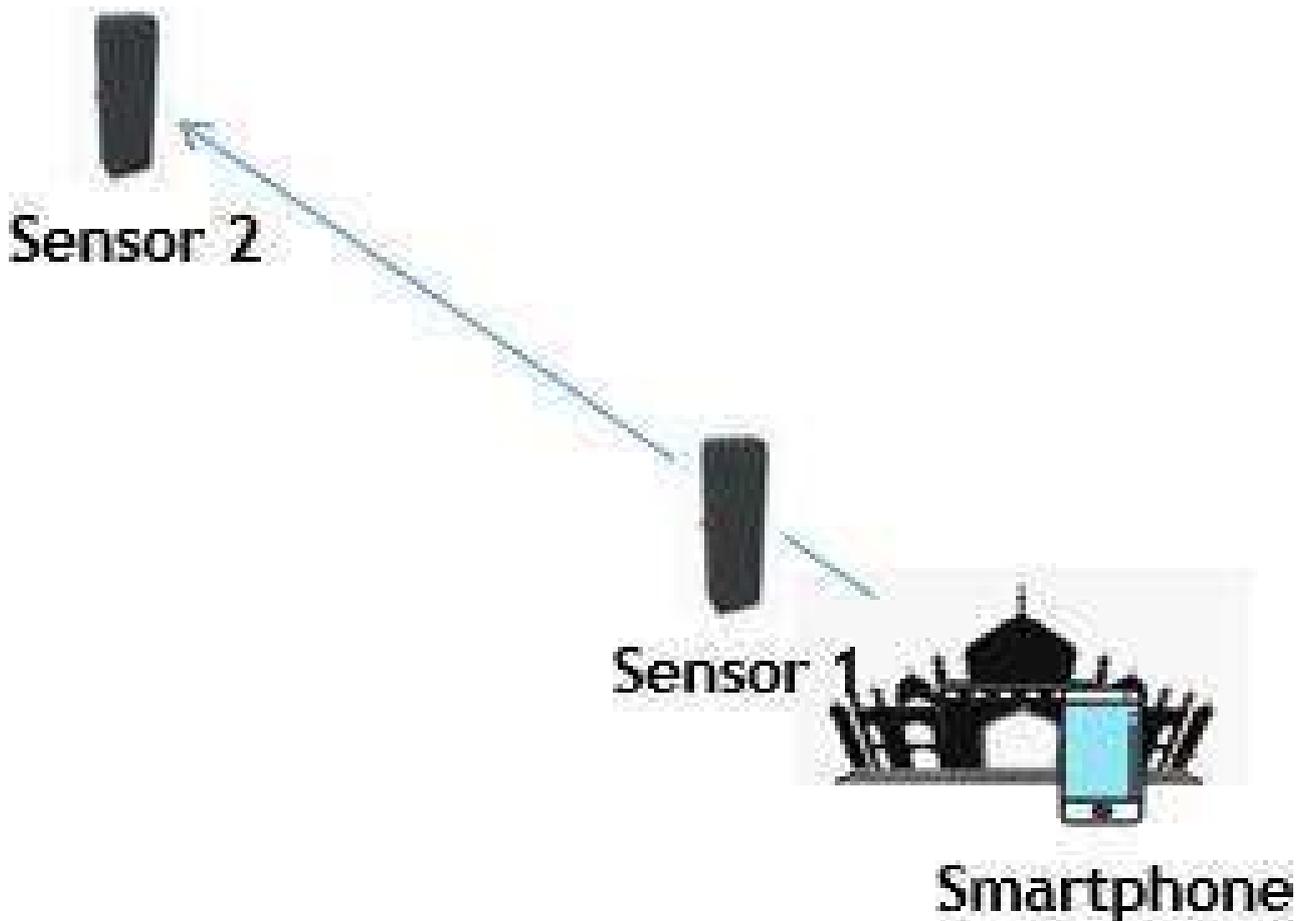
2.5 Review

Prototype alat ukur kekuatan suara akan melewati serangkaian uji kelayakan dengan berdiskusi dengan dosen pembimbing. Selanjutnya fungsionalitas akan dianalisis melalui pengambilan data dengan uji coba berbagai jenis besar kekuatan suara, yang kemudian data tersebut akan digunakan sebagai bahan untuk kalibrasi alat. Proses Review tersebut akan memberikan umpan balik (*feedback*) guna untuk mengurangi *error* and *failure* pada alat tersebut, sehingga produk tersebut dapat dioperasikan sesuai fungsi dan fiturnya.

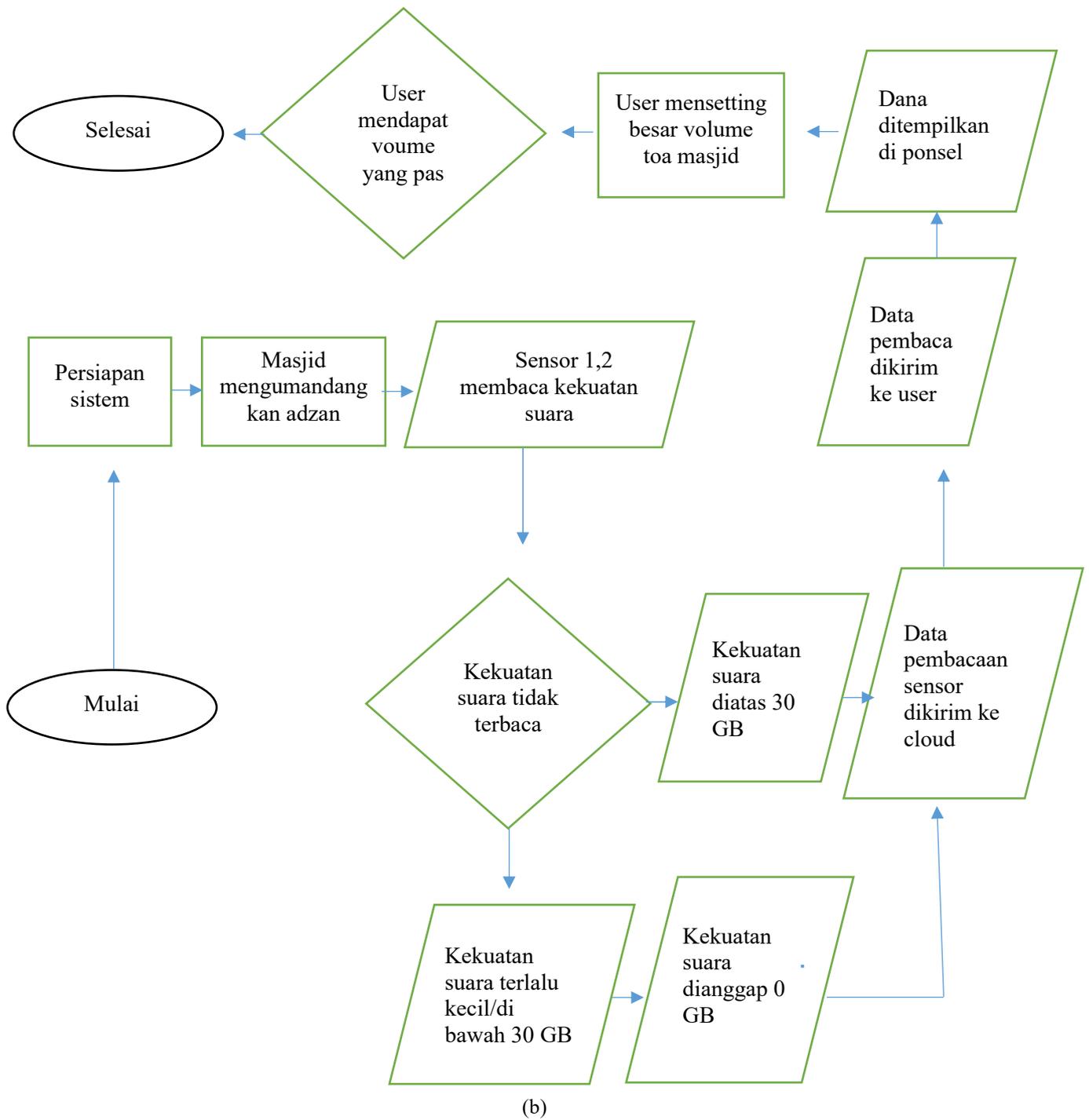
2.6 Implementasi

Jika produk telah melalui tahap *error* and *failure* yang dilakukan pada tahap evaluasi dan telah dilakukan pula pengujian ulang maka peneliti melakukan pengumpulan data sebenarnya yang nantinya akan dianalisis dan dituangkan pada laporan akhir.

Sistem ini diberi nama SOULME. Dengan mengedepankan sistem monitoring berbasis IoT, SOULME dirancang agar pengurus masjid dapat memantau besar kekuatan suara masjid dan dapat melakukan konfigurasi volume toa masjid berdasarkan hasil pembacaan kekuatan suara. Gambar 2.2 adalah suatu ilustrasi gambaran keseluruhan sistem yang akan dirancang. Dengan dua jenis jarak peletakan alat yakni jarak terdekat dengan sumber suara dan jarak terjauh suara dapat terukur. Secara umum cara kerja sistem adalah saat sistem dijalankan melalui proses inialisasi dan adzan dikumandangkan, maka sensor 1 dan 2 akan membaca besar kekuatan suara yang diterima yang kemudian akan dikirimkan ke *cloud server*, dan dalam rancangan ini kami menggunakan *Google Firebase* sebagai *platform cloud database* yang nantinya akan terhubung pada aplikasi *smartphone* pengguna dalam hal ini akan mengirimkan data kepada pengurus masjid. Setelah pengurus masjid mendapatkan hasil pengukuran maka selanjutnya pengurus masjid dapat melakukan konfigurasi manual volume pengeras suara masjid apabila hasil pengukuran menyatakan suara yang diterima tidak nyaman



(a)



(b)



Gambar 2.2. Ilustrasi usulan rancangan sistem secara umum. (a) desain model sistem dan gambaran tata letak sensor,(b) Proses cara kerja sistem, (c) desain screen aplikasi monitoring, (d) desain 3D alat

Dikarenakan sistem ini tidak hanya menggunakan sistem perangkat keras, namun juga perangkat lunak, maka dalam usulan perancangan ini, kami juga melakukan usulan sistem aplikasi yang digunakan. *App Inventor* memungkinkan pengguna baru untuk memprogram komputer untuk menciptakan aplikasi perangkat lunak bagi sistem operasi Android. *App inventor* ini berbasis *visual block programming* karena memungkinkan pengguna bisa menggunakan, melihat, menyusun dan *men-drag and drops block* yang merupakan simbol perintah dan fungsi *event handler* untuk menciptakan sebuah aplikasi yang bisa berjalan di sistem android. Ketika sensor kekuatan suara membaca kekuatan suara maka data pembacaan sensor tersebut akan dikirim oleh

Nodemcu ke *database firebase*. Database digunakan agar data bersifat *real time* dan dapat diambil atau diolah dalam bentuk riwayat. Data dari *firebase* dikirimkan menuju aplikasi *smartphone* yang dibuat menggunakan *MIT app Inventor*. *Smartphone* akan menampilkan data secara *real time* selama *nodemcu* dan sensor masih mendapatkan sumber listrik dan tersambung dengan internet. Adapun tampilan dari *app inventor* ada pada gambar 2.2 bagian c.

Untuk dapat memenuhi usulan sistem tersebut, maka diperlukan inventarisasi kebutuhan sistem perangkat keras. Tabel 3.1 memperlihatkan kebutuhan sistem sesuai usulan dan spesifikasi yang dibutuhkan.

Tabel 2.1. Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras SOULME

No	Nama Alat	Keterangan
1	Perangkat untuk kemasan alat	Dibuat untuk menjadi tempat <i>mounting</i> alat yang telah didesain agar dapat melindungi dari hujan dan panas. Perangkat ini dapat dibuat dari bahan filament <i>3D printing</i> maupun bahan sejenis.
2	Modem USB WIFI	Modem WIFI digunakan sebagai penyedia koneksi internet untuk alat yang dibuat. Modem akan langsung ON ketika dicolokkan ke port USB. Modem ini bisa disetting dengan mode 2G/3G/4G atau mode otomatis dan support kartu telkomsel, XL, three, indosat, By.u dan axis.
3	Baterai	Baterai yang digunakan adalah baterai Panasonic NCR18650B dengan kapasitas 3400mAh dan besar tegangan 3,7 volt. Baterai ini bersifat recharge sehingga baterai nantinya terpisah dari modul utama dan mudah diganti. Tegangan pada baterai sudah cocok dengan Pin pada mikrokontroler dan tegangan suply pada pada modul sensor. Setiap alat akan dipasang 2 sehingga baterai ini dapat bertahan hingga 40 jam pemakaian secara terus menerus atau jika sekali pemakaian adalah 30 menit maka baterai dapat dipakai hingga 80 kali pemakaian tanpa di charge.

4	Modul Sensor MAX 9814	Sensor yang digunakan adalah suatu modul microphone yang dapat digunakan untuk mengukur kekuatan suara, berdasarkan studi literatur yang dilakukan sensor ini dapat mengukur kekuatan suara hingga 90dB lebih baik jika dibanding dengan jenis sensor lain. Sensor ini bekerja pada tegangan 2,7 hingga 5,5 V sehingga tegangan dapat disuplai langsung dari baterai ataupun mikrokontroler yang digunakan nanti.
5	Modul IoT	Modul komunikasi Arduino dengan internet, agar lebih mudah menggunakan konsep <i>mobile data</i> sehingga tidak membutuhkan koneksi ke <i>access point</i> . Modul yang paling umum digunakan adalah ESP8266. Ini dipilih karena memiliki spesifikasi yang cocok dengan sensor maupun baterai yang digunakan. ESP8266 ini memiliki kemampuan akuisisi data yang handal dengan resolusi ADC 10 bit. Hal ini berkaitan dengan ukurannya yang sudah sangat kecil dan dilengkapi dengan 10 kanal <i>analog input</i> dan 13 <i>digital I/O</i> . Modul ini memiliki tegangan input 3.3 hingga 5 V sehingga kebutuhan sistem sudah terpenuhi.
6	Sound level meter	Sound level meter digunakan sebagai alat bantu kalibrasi untuk mendapatkan alat yang sesuai dengan standard.
7	Papan PCB	Pcb digunakan sebagai tempat menyusun komponen-komponen elektronik agar semua terpasang dengan rapi dan terorganisir.

2.7 Metode Uji Coba dan Pengujian Usulan Rancangan Sistem

Metode pengujian diawali dengan melakukan kalibrasi sensor, tahapan kalibrasi sensor ini dimulai dengan penentuan frekuensi sampling terlebih dahulu agar pembacaan sensor merupakan pembacaan real time suara yang diukur pada saat itu juga. Selanjutnya tahapan kalibrasi dilakukan dengan melakukan perbandingan nilai ADC sensor dengan nilai besar kekuatan suara yang dibaca oleh alat ukur yang sudah sesuai standar yaitu Sound Level Meter. Tahap kalibrasi sendiri dilaksanakan dengan berdasarkan beberapa jenis sampel suara yang meliputi suara audio adzan, suara siul, suara audio sungai mengalir, suara mulut langsung, suara audio 1000 Hz tone, dan suara audio suling. Data nilai ADC pada setiap sampel akan dicari nilai regresinya dengan menggunakan persamaan 3.1.

$$Y = a + bX \tag{3.1}$$

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n \sum X - (\sum X)^2} \tag{3.2}$$

$$b = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n \sum X - (\sum X)^2} \tag{3.3}$$

Nilai regresi pada setiap sampel akan dijadikan sebagai persamaan yang digunakan untuk mengubah nilai ADC pembacaan sensor menjadi *decibel*. Setelah pembacaan sensor sudah dalam bentuk *desibel* maka dilakukan pembandingan nilai pengukuran antara sensor dengan *sound level meter* menggunakan persamaan 3.4,

pembandingan ini dilakukan untuk melihat data kalibrasi mana yang memiliki nilai error yang paling kecil. Sehingga dengan mengetahui data mana yang memiliki nilai error terkecil maka nilai regresi pada data tersebut dapat dijadikan sebagai persamaan yang digunakan sebagai rumus mengubah nilai ADC sensor menjadi *decibel* pada pemrograman *Arduino IDE*. Dikarenakan pembacaan sensor yang sangat tidak stabil maka dilakukan percobaan dengan pengambilan data ADC berdasarkan nilai puncaknya saja, dan pada percobaan ini didapati bahwa nilai pembacaan sensor menjadi lebih stabil dan menunjukkan nilai pembacaan yang mendekati dengan pembacaan *sound level meter*.

$$\text{Nilai Error} = | \text{Nilai Pengukuran Sound Level Meter} - \text{Nilai Pengukuran Sensor} | \tag{3.4}$$

Setelah sensor sudah dapat membaca kekuatan suara dalam bentuk *decible* dengan nilai error yang kecil, maka uji coba dilanjutkan dengan pembuatan akun *firebase* dan pemrograman *Arduino IDE* agar data pembacaan dapat dikirimkan ke *firebase*. *firebase* akan digunakan sebagai tempat penyimpanan data sebenarnya sebelum dikirimkan ke aplikasi user interface. Ketika data telah berhasil diterima oleh *firebase*, maka tahap selanjutnya adalah melakukan pemrograman pengiriman data dari *firebase* ke aplikasi user interface pada kodular / situs pembuat aplikasi user interface. Setelah pembacaan sensor sudah dapat di monitoring secara langsung pada aplikasi *user interface*, maka uji coba dilanjutkan dengan melakukan pengukuran kekuatan suara masjid secara langsung. Tahap ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam membaca kekuatan suara yang jarak sumber suaranya jauh dari sensor.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kesesuaian Usulan dan Hasil Perancangan Sistem

Secara umum usulan rancangan yang telah kelompok kami usulkan sebelumnya dapat dipenuhi pada pelaksanaan pembuatan *Prototype* dari alat kami dimana, sistem dari alat ini bekerja sesuai dengan usulan yang telah kami ajukan. Kami mengusulkan rancangan sebuah sistem pengukuran kekuatan suara toa masjid dengan radius jarak tertentu yang dapat dimonitoring langsung

dari masjid, sebagai acuan bagi pengurus masjid untuk mengambil tindakan dalam pengaturan besar volume pengeras suara masjid yang dilakukan serentak pada saat azan dan pengukuran besar suara dilakukan. Namun ada beberapa hal yang mengalami beberapa perubahan dari sistem yang telah dirancang sebelumnya yakni pada perancangan *Prototype* dan kemampuan alat, dengan perbandingan head-to-head comparison pada (tabel 3.1) berikut:

Tabel 3.1 Perbandingan usulan dan hasil perancangan system

No	Spesifikasi	Usulan	Realisasi
1	Fitur alat	Mengukur kekuatan suara dengan presisi dan akurasi yang baik, dan dimonitoring secara langsung.	Mengukur kekuatan suara dengan presisi dan akurasi yang baik, dan dimonitoring secara langsung.
2	Komunikasi data	Berbasis IoT dengan menggunakan modem pada minimal jaringan 3G	Berbasis IoT dengan menggunakan modem pada minimal jaringan 3G
3	Jarak terjauh peletakan alat	100m	100m
4	Penyimpanan	Menyimpan data di Cloud	Menyimpan data di Cloud
5	Kemampuan baterai	Baterai mampu bertahan hingga 81 kali pemakaian jika setiap waktu pemakaian dilakukan selama 30 menit.	Kemampuan baterai lebih rendah karena dilakukan pengurangan jumlah baterai yang digunakan, namun alat dilengkapi dengan modul charger yang membuat baterai pada alat dapat di cas kapan saja.
6	Hasil pengukuran	dB (<i>decibel</i>)	dB (<i>decibel</i>)
7	Dimensi alat	161.1 x 46.1 x 31.3mm	167 x 78 x 31 mm
8	Mikrokontroler	10 bit ADC WiFi IEEE 802.11 b/g/n	10 bit ADC WiFi IEEE 802.11 b/g/n
9	Sensor kekuatan suara	Nilai Maksimum kekuatan suara 93 dB Nilai Minimum kekuatan suara 30 dB Frekuensi Sampling 40kHz	Nilai Maksimum kekuatan suara 89.9 dB Nilai Minimum kekuatan suara 30 dB Frekuensi Sampling 2.3kHz
10	Aplikasi user interface	MIT App Inventor	Kodular

3.2 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya

Perencanaan dan realisasi dalam praktik pembuatan alat berjalan sesuai dengan yang telah direncanakan, dimana

kegiatan-kegiatan yang dilakukan hampir mendekati sesuai dengan timeline yang telah direncanakan sebelumnya, dan dapat diselesaikan sesuai dengan tenggat waktu yang telah diberikan

Tabel 3.2 Kesesuaian antara usulan dan realisasi timeline pengerjaan Tugas Akhir 2

No	Kegiatan	Usulan waktu	Realisasi Pelaksanaan
1	Membeli alat dan Bahan	Februari – Maret	Februari – Maret
2	Perancangan alat	Maret	Maret - April
3	Pembuatan program	Maret	Maret - April
4	Pemasangan <i>case</i> 3D pada alat dan pencetakan <i>case</i> 3D	Maret	April
5	Uji coba alat dan Perbaikan	Maret – April	Maret – April
6	Laporan	April	April
7	Pembuatan Video dan Poster	April	April
8	Pameran/expo	April	Mei

Tabel 3.3 Kesesuaian RAB Tugas Akhir antara usulan dan realisasi

No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
1	NodeMCU 8266	2 pcs	Rp. 120.000	2 pcs	Rp. 90.000
2	Modul MAX9814	2 pcs	Rp. 60.000	2 pcs	Rp. 54.000
3	Batrai Panasonic NCR18650B	4 pcs	Rp. 480.000	2 pcs	Rp. 80.000
4	Modem USB WiFi	2 pcs	Rp. 700.00	2 pcs	Rp. 700.00
5	3D Printing	2 pcs	Rp. 500.000	2 pcs	Rp. 0
6	PCB	2 pcs	Rp. 60.000	2 pcs	Rp. 14.000
7	Solder	1 pcs	Rp. 30.000	0 pcs	Rp. 0
8	Kabel	8 pcs	Rp. 12.000	2 meter	Rp. 10.000
9	Baut	8 pcs	Rp. 2.400	24 pcs	Rp. 2.400
10	Tenol	1 pcs	Rp. 2.000	0 pcs	Rp. 0
11	Sound Level Meter	1 pcs	Rp. 200.000	1 pcs	Rp. 191.000

3.3 Analisis dan Pembahasan Kesesuaian antara Perencanaan dan Realisasi

Pada realisasi rancangan yang telah dilakukan sudah mewujudkan sebagian besar perencanaan sistem yang telah dibangun sebelumnya. Dilihat dari kesesuaian spesifikasi, usulan waktu pengerjaan dan RAB menunjukkan bahwa 70% perencanaan sudah terealisasi.

Adapun beberapa aspek yang menyebabkan rancangan tidak terealisasi secara 100% adalah sebagai berikut:

- Kemampuan baterai pada spesifikasi alat berkurang, dikarenakan adanya pengurangan jumlah baterai yang digunakan. Pengurangan ini dilakukan karena alat sudah dilengkapi dengan modul charger yang memungkinkan sumber energi alat dapat diisi ulang secara terus menerus, sehingga penggunaan 2 baterai

dianggap cukup berlebihan untuk sebuah alat yang hanya dioperasikan ± 30 menit pada setiap pemakaian.

- Perubahan pada aplikasi user interface dilakukan karena fitur yang dimiliki oleh kodular lebih bervariasi dibanding dengan MIT App Inventor. Kodular sendiri merupakan sebuah web yang menyediakan tools yang menyerupai MIT App Inventor yang mampu membuat aplikasi Android dengan menggunakan block programming, dan yang membuat fitur kodular lebih mengungguli MIT App Inventor saat ini adalah dikarenakan MIT App Inventor tidak lagi dikelola oleh google dan dikelola sepenuhnya oleh Massachusetts Institute of Technology sedangkan kodular dikelola langsung oleh google.
- Ketidaksesuaian pada realisasi timeline terjadi karena terjadinya kendala proses perancangan alat yang menyebabkan beberapa timeline lainnya ikut mundur

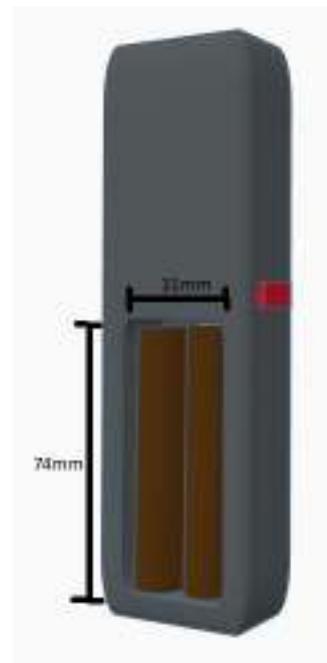
dan adanya kebijakan dari pihak prodi yang mengundur waktu pelaksanaan pameran/expo.

- Ketidaksesuaian pada RAB dengan realisasi terjadi karena pembelian dilakukan di toko yang berbeda dengan toko yang disurvei, kemudian ada beberapa komponen yang telah dimiliki yang tidak perlu dibeli kembali dan tersedianya layanan 3D printing gratis pada laboratorium Simulasi Komputer Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia sehingga pengeluaran untuk case menjadi Rp. 0,-.
- Dimensi alat mengalami perubahan dikarenakan adanya pengurangan baterai dan penambahan modul charger pada alat, sehingga bentuk case yang dirancang mengalami sedikit perubahan pula.

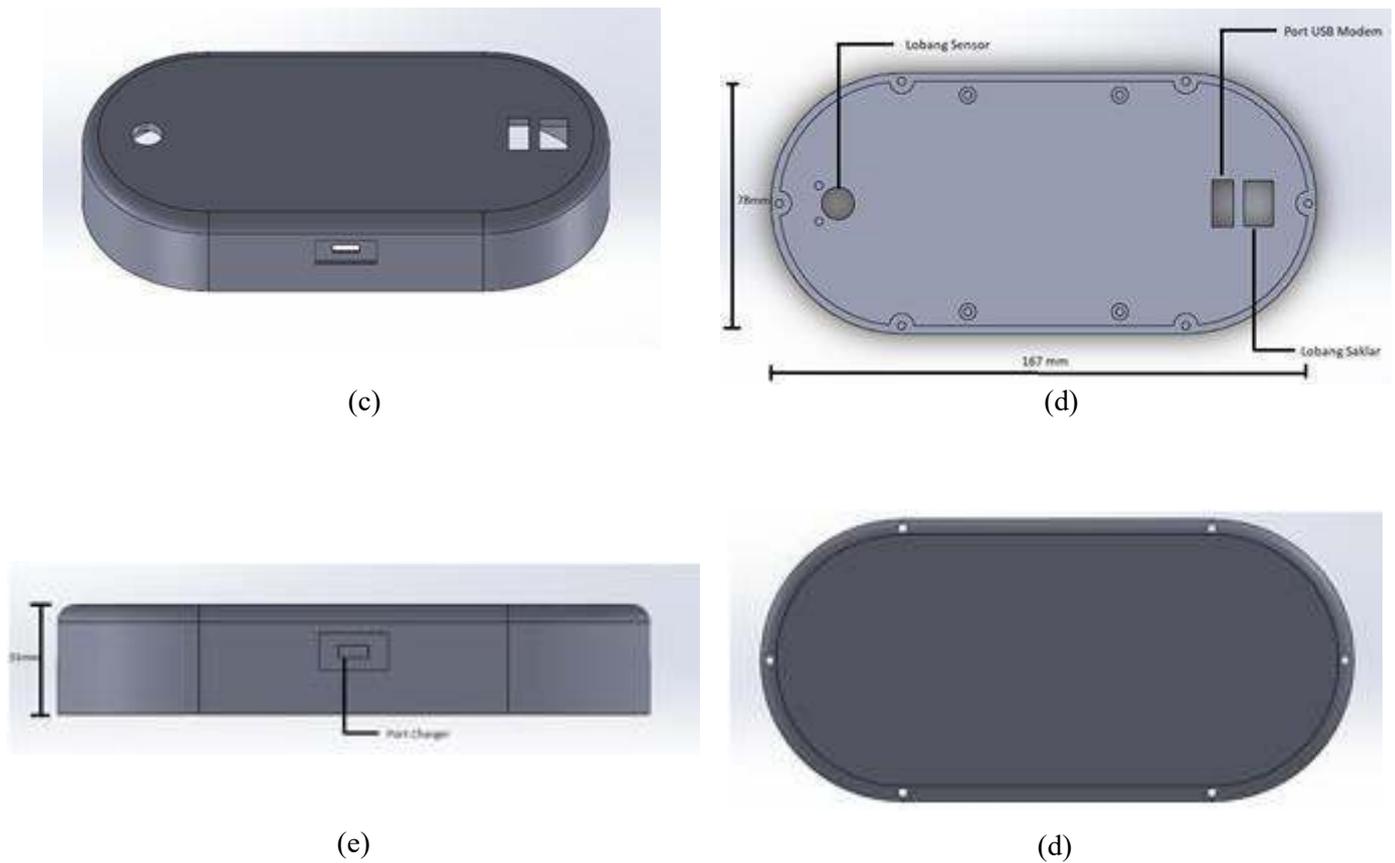
Adapun bentuk case pada rancangan awal dan realisasi case yang telah mengalami perubahan adalah sebagai berikut:



(a)



(b)



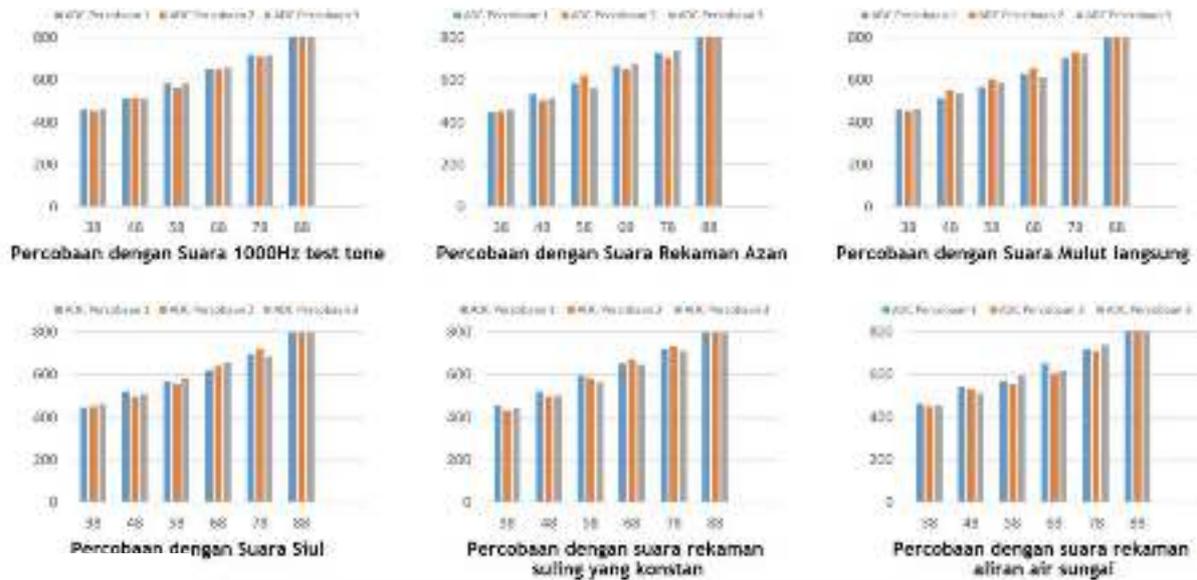
Gambar 3.1. Perbandingan bentuk case rancangan awal dan realisasi (a) desain lama tampak depan. (b) desain lama tampak belakang. (c) desain baru tampak atas. (d) desain baru tampak samping. (e) desain baru tampak dalam. (f) desain baru tampak dalam

Implementasi Sistem dan Analisis

a. Hasil Uji Coba

Sebelum dilakukannya implementasi secara langsung pada masjid yang telah ditentukan sebelumnya. Sistem ini melalui tahap uji coba/kalibrasi di laboratorium untuk mendapatkan hasil pengukuran dengan akurasi dan presisi yang baik. Tahapan kalibrasi dilakukan dengan melakukan perbandingan nilai ADC sensor dengan nilai besar kekuatan suara yang dibaca oleh alat ukur yang sudah

sesuai standar yaitu Sound Level Meter. Tahap kalibrasi sendiri dilaksanakan dengan beberapa jenis sampel suara yang meliputi suara audio adzan, suara siul, suara audio sungai mengalir, suara mulut langsung, suara audio 1000Hz tone, dan suara audio suling. Pemilihan beberapa jenis suara tersebut dilakukan berdasarkan kestabilan suara yang dihasilkan untuk mendapatkan nilai ADC yang presisi. Adapun hasil dari tahapan kalibrasi ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.2 Hasil perbandingan nilai ADC beberapa sampel suara

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada percobaan dengan menggunakan sumber suara 1000Hz test tone memiliki presisi nilai ADC yang paling baik dibandingkan dengan jenis suara lainnya, namun hal tersebut tidak dapat menentukan apakah data yang dihasilkan dari percobaan tersebut adalah nilai yang terbaik dibanding dengan percobaan lainnya. Maka dari itu dilakukan kembali

pembandingan hasil dengan cara mengubah nilai regresi ADC setiap percobaan menjadi decibel (dB) yang dengan demikian sensor akan memiliki output dengan satuan decibel (dB), setelah itu hasil baca sensor berupa decibel (dB) akan dibandingkan dengan hasil baca alat Sound Level Meter sebagai berikut:

Percobaan dengan Suara 1000Hz test tone			Percobaan dengan Suara Rekaman Azan			Percobaan dengan Suara Mulut langsung		
Sound Level Meter (dB)	Sensor (dB)	Error	Sound Level Meter (dB)	Sensor (dB)	Error	Sound Level Meter (dB)	Sensor (dB)	Error
39.8	39.1	0.7	45.5	45.2	0.3	38.2	38.5	0.3
53.2	55.6	2.4	50.9	54.5	3.6	49.2	53.2	4.0
60.1	58.9	1.2	59.2	62.5	3.3	53.5	63.8	10.3
70.9	77	6.1	71.7	69.0	2.7	75.1	70.0	5.1
82.0	88.2	6.2	86.4	86.8	0.4	80.7	87.3	6.6
Rata-rata error		1.84	Rata-rata error		2.60	Rata-rata error		2.78
standar deviasi sebesar 1,266			standar deviasi sebesar 0,831			standar deviasi sebesar 1,740		

Percobaan dengan Suara Suling			Percobaan dengan suara rekaman suling yang konstan			Percobaan dengan suara rekaman aliran air sungai		
Sound Level Meter (dB)	Sensor (dB)	Error	Sound Level Meter (dB)	Sensor (dB)	Error	Sound Level Meter (dB)	Sensor (dB)	Error
38.6	35.9	2.7	39.1	38.2	0.9	38.5	38.2	0.3
49.0	45.8	3.2	51.4	55.9	4.5	48.2	51.4	3.2
61.5	55.4	6.1	60.5	53.2	7.3	59.1	61.2	2.1
70.9	73.2	2.3	69.5	73.2	3.7	71.9	67.2	4.7
86.4	85.5	0.9	90.2	87.6	2.6	85.0	90.2	5.2
Rata-rata error		2.92	Rata-rata error		2.78	Rata-rata error		3.28
standar deviasi sebesar 1,425			standar deviasi sebesar 1,215			standar deviasi sebesar 1,362		

Gambar 3.3 Perbandingan nilai error dan standar deviasi setiap sampel suara

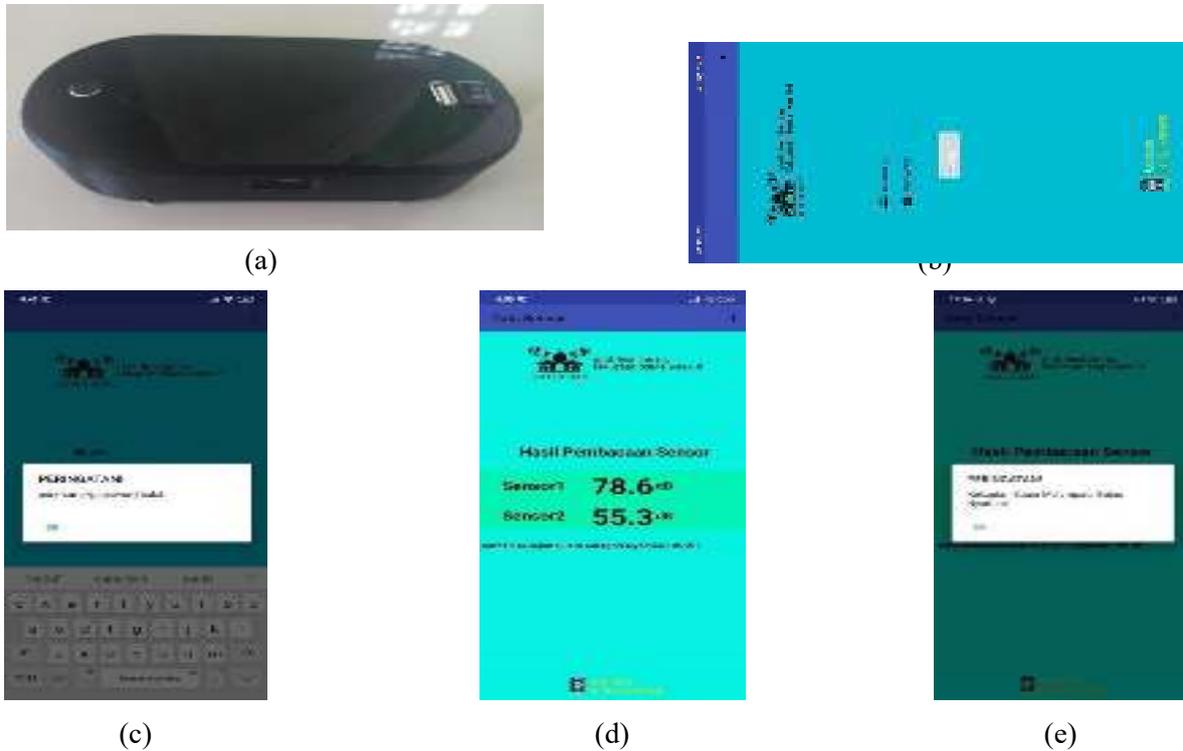
Dari data diatas menunjukkan bahwa pembacaan sensor dengan menggunakan nilai regresi dari percobaan suara 1000Hz test tone memiliki nilai standar deviasi yang

cukup baik dan rata-rata error yang paling kecil dibanding dengan percobaan lainnya. Sehingga berdasarkan hal tersebut kami menentukan nilai regresi yang digunakan

adalah nilai yang didapatkan dari menggunakan percobaan dengan suara 1000Hz test tone.

b. Hasil dan Analisis Implementasi

Pada bagian ini sistem telah berhasil dibuat dengan alat dan aplikasi *user interface* dengan spesifikasi yang tercantum pada tabel realisasi 3.1. Bentuk dari alat dan aplikasi *user interface* dari sistem ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.4. Hasil cetak 3D *printing* alat dan aplikasi *user interface* (a) hasil cetak 3D *printing* alat. (b) *screen 1* aplikasi *user interface*. (c) *screen 1* aplikasi *user interface* ketika pengguna memasukkan *username/password* yang salah. (d) *screen 2* aplikasi *user interface*. (e) *screen 2* aplikasi *user interface* ketika saat pengukuran kekuatan suara melewati batas

Pada *screen 1* aplikasi *user* akan diminta untuk memasukkan *username* dan *password*. Ketika *user* memasukkan *username* atau *password* yang salah, maka dengan otomatis sistem akan memberi pesan kepada user bahwa *username* atau *password* yang dimasukkan salah atau tidak sesuai. Setelah memasukkan *username* dan *password* yang benar, maka *user* akan masuk pada *screen 2*. Pada *screen 2* ini *user* dapat langsung melihat hasil ukur kekuatan suara dari alat ukur kekuatan suara 1 dan alat ukur kekuatan suara 2, ketika hasil pengukuran melebihi batas kenyamanan yang telah ditentukan maka *user* akan diberikan pesan peringatan. Untuk mengakses sistem tersebut maka user perlu melakukan download aplikasi user interface melalui website <https://kodular.app/KSZ-YBF>.

Implementasi sistem dilakukan langsung pada masjid yang telah diusulkan sebelumnya yakni masjid al-hidayah Kimpulan Utara kampus terpadu Universitas Islam Indonesia. Implementasi/uji coba kami lakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang dan implementasi juga dilakukan untuk mendapatkan data yang menunjukkan batasan kekuatan suara toa masjid

yang dianggap nyaman untuk didengar. Penentuan ini dilakukan dengan cara melakukan pengukuran kekuatan suara masjid berdasarkan presentase volume pengeras suara masjid dan pengukuran tersebut dilakukan beberapa kali dengan jenis besar presentase volume pengeras suara yang berbeda untuk mendapatkan variasi nilai pengukuran. Pada setiap pengukuran dilakukan wawancara kepada warga yang berada disekitar masjid mengenai kenyamanan suara masjid pada volume tersebut, seperti pada tabel 5.1. Sebelum dilakukannya pengujian, alat akan diletakkan dengan pola seperti pada gambar 3.2 (a) dengan jarak alat ukur kekuatan suara 1 ke sumber suara 5 meter

dan jarak alat ukur kekuatan suara 2 ke sumber suara 100 meter.



(a) (b)

Gambar 3.5. Peletakan alat pengukur kekuatan suara.(a) peletakan alat ukur 1. (b) peletakan alat ukur 2

Dikarenakan alat diletakkan secara outdoor maka akan menimbulkan resiko pembacaan kekuatan suara terganggu

Tabel 3.4 Hasil Pengujian

Besar Volume Pengeras Suara	Alat Pembaca	Besar Kekuatan Suara	Respon Warga	
			Subjek 1	Subjek 2
70%	Sensor 1 (diletakkan kurang dari 5 meter dari sumber suara)	78.6 dB	Nyaman	Nyaman
	Sensor 2 (diletakkan 100 meter dari sumber suara)	55.3 dB	Nyaman	Nyaman
80%	Sensor 1 (diletakkan kurang dari 5 meter dari sumber suara)	85.5 dB	Nyaman	Tidak Nyaman
	Sensor 2 (diletakkan 100 meter dari sumber suara)	66.2 dB	Nyaman	Nyaman
90%	Sensor 1 (diletakkan kurang dari 5 meter dari sumber suara)	89.9 dB	Tidak Nyaman	Tidak Nyaman
	Sensor 2 (diletakkan 100 meter dari sumber suara)	74.1 dB	Nyaman	Nyaman

Dari tabel hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa pada saat kekuatan suara masjid 85.5 dB ada warga yang sudah merasa nyaman, namun ada pula yang masih belum merasa nyaman. Sehingga dilakukan observasi kembali kepada warga tersebut dan didapatkan bahwa mereka sudah merasa cukup nyaman namun belum merasa nyaman sepenuhnya, sehingga mereka berpendapat bahwa akan merasa nyaman ketika besar kekuatannya lebih kecil dari 85.5 dB tersebut. Dari pernyataan warga tersebut kami menentukan bahwa batasan untuk suara yang dianggap nyaman adalah dibawah 85.5 dB.

- c. Dampak Implementasi Sistem
 - Teknologi/Inovasi

Sistem dari alat yang kami buat memiliki keunggulan jika dibandingkan dengan sistem yang pernah dibuat sebelumnya. Seperti sistem yang digunakan oleh Handri Al Fani, dkk dimana mereka membuat sistem monitoring pendeteksi suara di ruangan bayi, namun belum bersifat IoT dan hanya dapat membedakan adanya suara atau tidak. Atau sistem yang digunakan Fardian Abdi Putra, dkk yang bersifat IoT, namun pengukuran kekuatan suara hanya berupa nilai ADC sebagai sinyal suara dan tidak di ubah menjadi bentuk decibel. Sehingga hasil pembacaan tidak memiliki akurasi yang baik karena tidak melewati tahap kalibrasi.

No	Fitur/Komponen	Sistem yang dibuat	Handri Al Fani, dkk.	Fardian Abdi Putra, dkk.

1	Basis Sistem	Sudah IoT	Belum IoT	Sudah IoT
2	Prototype	Ada	Tidak ada	Ada
3	Pengukuran besar kekuatan suara	Ada	Tidak ada	Ada
4	Notifikasi peringatan	Tidak ada	Ada	Tidak ada
5	Akurasi pengukuran yang baik	Ada	Tidak ada	Tidak ada

- Sosial

Alat ini, sistem monitoring pengeras suara, dapat membantu khususnya pengurus masjid. Sebelumnya masih ada beberapa kasus warga melapor karena suara yang dihasilkan mengganggu, dengan adanya alat ini rasa tidak nyaman akan suara yang terlalu kencang tidak akan terjadi lagi karena alat ini memantau langsung besar kekuatan suara yang diterima masyarakat dan kemudian pengurus masjid dapat langsung mengatur volume suara toa untuk disesuaikan dengan besar suara yang dianggap nyaman. Setelah dilakukannya pengaplikasian sistem secara langsung oleh pengurus masjid (masjid al-hidayah kimpulan), didapatkan sebuah kabar bahwa tidak ada lagi keluhan warga setelah pengaplikasian sistem dilakukan.

- Agama

Sistem ini membantu menghilangkan kesan buruk yang timbul dari aktivitas keagamaan yang sering kali terjadi di banyak tempat, namun hanya dihiraukan saja. Sehingga dengan hilangnya masalah ini warga sekitar dapat lebih menikmati ibadah yaitu mendengarkan dan menjawab azan, dan sistem ini ikut menguatkan toleransi beragama antara islam dengan agama lainnya.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan dan implementasi yang telah dilakukan maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan berikut:

1. Sistem monitoring pengeras suara masjid yang di buat dapat menampilkan pembacaan kekuatan suara toa masjid ketika azan dengan dua jenis jarak pengukuran yakni kurang dari 5 meter dan 100 meter dari sumber suara. Hasil pembacaan dapat dilihat oleh user/pengurus masjid secara langsung ketika azan dikumandangkan, sehingga ketika hasil pembacaan melewati batas nyaman untuk didengar. Maka user/pengurus masjid dapat langsung

melakukan tindakan pengecilan besar volume pengeras suara beiringan dengan dikumandangkannya azan dan pengukuran yang sedang dilakukan.

2. Besar kesalahan atau nilai error yang didapatkan pada saat tahapan kalibrasi bernilai 1.84 dB dengan besar standar deviasi 1.266 dB. Nilai tersebut dapat dikatakan sudah cukup baik.
3. Dari hasil implementasi alat didapatkan bahwa kekuatan suara masjid tidak boleh melebihi nilai 85.5 dB agar suara yang dihasilkan masuk dalam kategori nyaman untuk didengar oleh warga sekitar.
4. Alat yang telah dibuat dilengkapi dengan modul charger yang memungkinkan alat dapat di cas ketika kehabisan energi, sehingga tidak perlu dilakukan penggantian baterai.
5. Alat yang dirancang bersifat portable dikarenakan dimensinya yang kecil dan tidak memerlukan medan khusus dalam peletakkannya.

4.2 Saran

Berdasarkan perancangan sistem dan implementasi yang telah dilakukan, kami memberikan beberapa saran untuk penelitian dengan tema terkait agar kedepannya alat yang telah dibuat akan semakin sempurna dan lebih baik lagi. Berikut beberapa saran yang dapat kami berikan :

1. Pada penelitian berikutnya kami menyarankan untuk membuat sistem pengamanan bagi prototipe agar tidak mudah untuk dicuri seseorang.
2. Pada penelitian berikutnya kami menyarankan untuk membuat aplikasi user interface yang dapat digunakan untuk seluruh jenis smartphome tidak hanya jenis android saja

PERNYATAAN

Terimakasih kepada Prodi Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia yang telah mendukung proses penelitian ini.

REFERENSI

1. R. Marisdayana, Suhartono, Nurjazuli, Hubungan Intensitas Paparan Bising dan Masa kerja dengan Gangguan Pendengaran Pada Karyawan PT. X, April. 2016, accessed on : Feb. 20, 2020. [Online]. Available : <https://media.neliti.com/media/publications/105753-ID-hubungan-intensitas-paparan-bising-dan-m.pdf>
2. D. Riyanto, M Munaji, “IbM Pengeras Suara Masjid Darusalam Janti Slahung, “ Jurnal Dedikasi Masyarakat, vol. 2(1), pp. 30-36, 2018
3. H. A. Fani, Sumarno, Jlaluddin, D. Hartama, I. Gunawan, Perancangan Alat Monitoring Pendeteksi Suara di Ruang Bayi RS Vita Insani Berbasis Arduino Menggunakan Buzzer, Jurnal Media Informatika Budidarma, vol. 4(1), pp. 144-149, 2020.
4. S. Amarta, A. G. Putrada, N. A. Suwastika, Asesmen Kebisingan di Open Library Telkom University Menggunakan Sistem Monitoring Suara Berbasis IoT, vol. 6(1), pp. 2057, 2019.
5. F. A. Putra, M. Rivai, Tasripan, Penentu Posisi Drone Berdasarkan Sinyal Suara, Jurnal Teknik ITS, vol. 7(1), pp. 2337-3520, 2018.