

Desain Sistem Pengiriman Perekaman Data Untuk Pengukuran Respon Impuls Ruangan Terdistribusi Dengan Multisensory

1st Rafi Al Faqrhi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

rafialfaqrhi@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Fiky Yosef Suratman
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

fikyosef@telkomuniversity.ac.id

3rd Agung Surya Wibowo
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

agungsw@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Respon Impuls ruangan dapat menjadi salah satu parameter akustik dari suatu ruangan. Dari Respon Impuls dapat diamati pantulan-pantulan yang terjadi didalam ruangan yang diterima pada tiap posisi pendengar. Respon Impuls ruangan dapat digambarkan dalam tingkat tekanan suara terhadap waktu. Dari penggambaran tersebut terlihat suara yang diterima tiap pendengar seperti suara langsung, pantulan awal, dan suara dengung. Respon impuls juga dapat digunakan untuk menghitung waktu dengung ruangan. Pengambilan data untuk mendapatkan hasil Respon Impuls ruangan menggunakan sistem akuisisi data. Akuisisi data adalah proses pengambilan data dari sensor yang diubah ke sinyal listrik dan dikonversi ke bentuk angka digital yang akan diproses dan di analisis melalui komputer. Data akuisisi tersebut di transmisi menggunakan wifi dari multisensor ke komputer sebagai processing unit. Data yang ditampilkan berupa data berbentuk wav (waveform audio format). Dalam penelitian ini penulis mengukur Quality Of Service dengan 4 parameter yaitu waktu delay, throughput, Jitter dan Packet Loss. Di pengujian ini hanya Packet Loss yang Indeks nya sangat baik dengan indeks 4 dikarenakan packet loss nya 0% sedangkan untuk Jitter, throughput dan waktu delay dengan penilaian indeks 1 yang artinya Buruk atau Tidak bagus.

Kata Kunci—respon impuls ruangan, waktu dengung, sine sweep.

Abstract—Impulse response of the room can be one of the acoustic parameters of a room. From the Impulse Response, it can be observed that the reflection that occurs in the room is received at each listener's position. Impulse response of the room can be described in terms of sound pressure level with time. From this description, it can be seen that the sounds received by each listener are direct, initial, and buzzing sounds. The impulse response can also be used to calculate the reverberation time of a room. Data retrieval to get the results of the Impulse Response of the room using a data acquisition system. Data acquisition is the process of taking data from sensors that are converted into electrical signals and digital formats that will be processed and analyzed through a computer. The acquisition data is transmitted using wifi from the multisensor to the computer as a processing unit. The data displayed is in the form of wav data (wave audio format). In this study the authors measure the Quality Of Service with 4 parameters, namely delay time, throughput, Jitter and Packet Loss. This test is only Packet Loss whose index is very good with index 4 because the packet loss is 0% while for Jitter, throughput and delay time with an index value of 1 which means Bad or Not good.

Keywords— impulse response, wifi, multisensor, data acquisition, quality of service

I. PENDAHULUAN

Ruangan kelas dan masjid kampus adalah 2 tempat yang sering digunakan untuk kegiatan kampus dalam belajar mengajar dan kegiatan keagamaan. Kegiatan tersebut seringkali diikuti oleh banyak orang untuk mendengarkan *speech* dari pengisi acara. Penyampaian informasi dari pengisi acara tentu yang dibutuhkan oleh audiens yang datang, maka penting kenyamanan dan kejelasan suara yang didengar oleh audiens. Kualitas suara dari suatu ruangan dapat diketahui dengan mengukur salah satu parameter akustik ruang yang biasa digunakan yaitu, waktu dengung (*Reverberation time*).

Salah satu unsur untuk mencari waktu dengung dalam ruang tertutup adalah dengan metode pengukuran respon impuls menggunakan sistem akuisisi data. Sistem Akuisisi data merupakan suatu sistem yang diperlukan dalam sistem instrumentasi di berbagai kegiatan industri untuk mengambil, menampilkan, maupun mengolah data dari sensor yang terdapat pada komponen sistem instrumentasi. Seiring dengan perkembangan teknologi, diperlukan suatu sistem akuisisi data yang dapat digunakan secara real time, cepat, mudah, dan akurat. Teknologi wifi dapat digunakan sebagai media penyaluran data untuk memenuhi kebutuhan data realtime saat ini. Salah satu parameter untuk mengukur Transmisi data masuk secara realtime ke server computer adalah menggunakan metode QoS (Quality Of Service). Parameter yang digunakan untuk menentukan Quality Of Service (QoS) adalah dengan menghitung Throughput, waktu Delay, Jitter, dan berapa jumlah Packet Loss yang diterima. Quality of Service (QoS) merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari satu servis. QoS digunakan untuk mengukur sekumpulan atribut kinerja yang telah dispesifikasikan dan diasosiasikan dengan suatu service [1]. Perancangan sistem akuisisi data multisensor ini menggunakan ESP 32 sebagai mikrokontroler dan INMP 441 sebagai Sensor suara. Metode ini pada prinsipnya adalah untuk mendapatkan waktu delay, Jitter, dan berapa jumlah Packet Loss yang diterima untuk dilakukan pengukuran respon impuls ruangan apabila suatu sinyal sine sweep dibunyikan didalamnya. Sumber suara yang dipakai untuk membangkitkan suatu sinyal impuls haruslah memiliki energi yang cukup disepanjang spektrum untuk meyakinkan bahwa gangguan suara ditinggikan levelnya di atas noise untuk memberikan akurasi yang dibutuhkan.

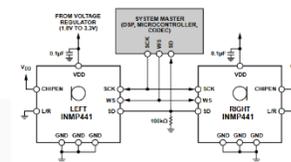
Contoh dari sumber bunyi impuls adalah lecutan api listrik yang kuat, suara pistol, dan suara balon meletus. Untuk area yang lebih besar, Meriam berukuran kecil bahkan digunakan sebagai sumber suara impuls. Pengukuran respon ruangan didapatkan dengan membandingkan sinyal impuls yang telah berinteraksi dengan ruangan terhadap sinyal impuls masukan (konsep fungsi transfer). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dirancang untuk mendesain sebuah sistem akuisisi data untuk pengukuran respon impuls ruangan menggunakan 2 sensor sekaligus yang dipasang di titik-titik ruangan.

II. KAJIAN TEORI

A. Antarmuka I2S

Format port data serial slave adalah I²S, 24-bit, komplemen dua. Harus ada 64 siklus SCK di setiap bingkai stereo WS, atau 32 SCK siklus per kata-data. Pin kontrol L/R

menentukan apakah INMP441 mengeluarkan data di saluran kiri atau kanan. Untuk stereo aplikasi, pin SD mikrofon INMP441 kiri dan kanan harus diikat bersama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Format aliran data stereo I²S ditunjukkan pada Gambar 8. Gambar 9 dan 10 menunjukkan format aliran data mikrofon mono untuk kiri dan kanan mikrofon, masing-masing. Mode Keluaran Data Pin data keluaran (SD) adalah tri-status saat tidak secara aktif menggerakkan data keluaran I²S. SD segera tri-status setelah LSB dikeluarkan sehingga mikrofon lain dapat menggerakkan jalur data umum. Jejak SD harus memiliki resistor pull-down untuk melepaskan saluran selama semua mikrofon di bus memiliki tri-status output mereka. Sebuah resistor 100 k Ω cukup untuk ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Panjang Kata Data Panjang kata data keluaran adalah 24 bit per saluran. INMP441 harus selalu memiliki 64 siklus clock untuk setiap kata data stereo ($f_{SCK} = 64 \times f_{WS}$) (InvenSense, 2014). Format Kata-Data Format data default adalah I²S (pelengkap dua), MSB-first. Dalam format ini, MSB setiap kata ditunda oleh satu siklus SCK dari awal setiap setengah frame.



B. Respon impuls ruangan

Respon impuls suatu ruangan didefinisikan sebagai sinyal suara yang diterima oleh suatu titik (titik penerima, B) dalam ruangan akibat suatu sumber suara impuls pada titik lain (titik sumber, A) didalam ruangan. Sinyal-sinyal yang diterima oleh titik B dapat dibagi menjadi :

1. Suara langsung

Sinyal suara yang datang dalam satu garis lurus dari sumber suara ke penerima membentuk komponen suara langsung pada respon impuls ruangan.

2. Pantulan dini

Sinyal suara berasal dari pantulan dinding, langit, dan sebagainya (biasanya arah perambatannya dapat diidentifikasi dengan jelas) disebut sebagai komponen pantulan dini pada respon impuls akustik. M. Barron mendefinisikan pantulan dini sebagai sinyal suara yang datang dalam batas waktu 100 ms setelah suara langsung, sementara L.L. Baranek memberikan batas 80 ms.

3. Suara dengung

Sinyal suara yang telah mengalami pantulan berkali-kali sebelum mencapai penerima membentuk komponen suara dengung pada respon impuls ruangan. Sinyal suara yang datang tersebut letaknya sangat berdekatan sehingga selang waktu anataranya tidak

dapat dibedakan. Pada kurva respon impuls ruangan, bagian suara dengung ini memberikan bentuk kurva yang meluruh pada bagian akhir kurva respon impuls ruangan.

C. Reverberation time

Waktu dengung adalah yang paling umum digunakan dalam hal respon impuls ruangan. Biasanya disebut T60, parameter ini menunjukkan waktu yang dibutuhkan energi suara untuk meluruh sebesar 60 dB dalam ruangan perekaman. Dalam perkembangannya tidak hanya T60 saja, ada pula pantulan awal (EDT) atau peluruhan-peluruhan selain 60 dB (T60), seperti 20 dB (T20), 30 dB (T30). [8]

Parameter ini biasanya dihitung dari *Energy Decay Curve* (EDC) dengan menggunakan integrasi metode Schroeder. EDC dapat didefinisikan sebagai ekor integral dari kuadrat respon impuls h pada waktu t :

$$EDC(t) \triangleq \int_t^\infty h^2(\tau) d\tau$$

Keterangan :

EDC(t) : kurva energi

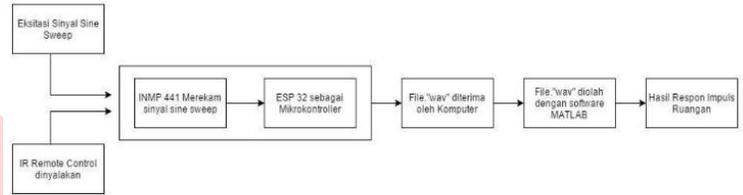
$h^2(\tau)$: Rata-rata respon impuls

Karena ini mewakili total energi sinyal yang tersisa dari respon impuls pada waktu t , maka T60 dapat diekstraksi, dalam hitungan detik, dari $10 \log_{10}$ EDC, secara sederhana nilai t dimana peluruhan mencapai -60dB. Dalam praktiknya, metrik ini sering salah perhitungan karena diperlukan rekaman yang dilakukan dengan mikrofon dengan jangkauan dinamis dan dengan ruang kepala yang cukup dari lantai kebisingan lingkungan. Untuk mengatasi kemungkinan masalah ini, metrik T30 dan T20 dihitung pada EDC dengan rentang peluruhan yang lebih kecil dimana pengukuran lebih mungkin akurat. Maka garis regresinya digunakan untuk mengekstrapolasi nilai waktu dengung T60 di sepanjang garis peluruhan yang pas. ISO 3382, standar menentukan kisaran peluruhan minimum 45 dB untuk T30 (dengan rentang regresi -10 dB hingga -40dB) dan kisaran peluruhan minimum 35dB untuk T20 (dengan regresi bersisar -10dB hingga -30dB). Memiliki rentang regresi mulai dari -5dB mengurangi pengaruh gangguan dari fluktuasi sinyal awal yang disebabkan oleh refleksi dan dengan demikian memberikan perkiraan yang lebih baik untuk T60. Demikian pula, *Early Decay Time* (EDT) dihitung dari EDC menggunakan garis

regresi dari -5dB hingga -15dB. EDT adalah metrik yang relevan dengan psikoakustik, berguna untuk desain akustik ruangan. Sejak persepsi gema tidak linier, penurunan tajam di awal peluruhan energi sering menjadi penyebab makhluk luar angkasa dianggap sebagai “dryer” daripada yang sebenarnya.

III. METODE

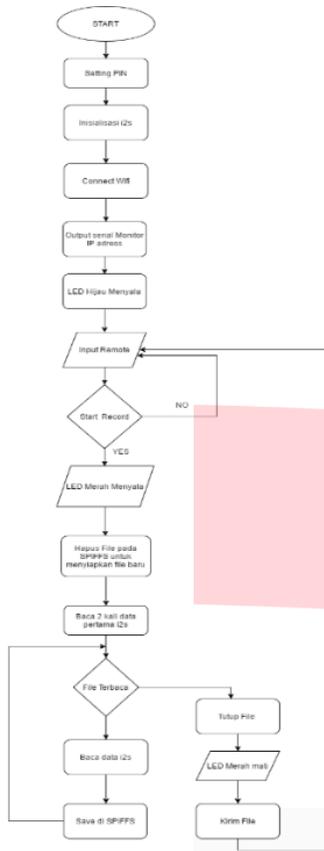
A. Diagram Blok Sistem



GAMBAR 3.2 Diagram Blok Sistem

Diagram Diagram blok desain sistem pengiriman perekaman data untuk mengukur respon impuls ruangan dapat dilihat pada gambar 3.2 input diperoleh dari sinyal sine sweep yang dinyalakan secara serentak dengan ir remote control lalu dieksitasi menggunakan speaker yang mana direkam oleh ke 2 sensor. Sensor 1 dan Sensor 2 mengirim data file rekaman dalam bentuk .wav” melalui jaringan wifi ke laptop. Akan ada dua file berbeda dari sensor 1 dan sensor 2 dengan penamaan “recording.wav” dan “recording1.wav”, maka nanti sistem dapat memilih file mana yang akan dibuka terlebih dahulu antara sensor 1 dan sensor 2 dan diolah hingga mendapatkan nilai impuls nya.

Desain Perangkat Lunak



4.1 Hasil Pengujian Waktu Dengung

Pengujian dilakukan dengan harga waktu dengung yang berbeda-beda pada rentang 0,5 sampai 4 detik. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Hasil pengujian waktu dengung dengan T60 acuan dari rentang 0,5 sampai 4 detik menggunakan metode Schroeder

$T60_{acuan}$ dalam detik	$T60_{TERUKUR}$ dalam detik
0,5	0,4989
1	0,9985
1,5	1,4983
2	1,9983
2,5	2,4961
3	2,9868
3,5	3,4390
4	3,8330

Dari hasil pengujian harga waktu dengung acuan dengan terukur didapatkan nilai keakuratan program T60 sebesar 99,11 %. Dapat disimpulkan bahwa program yang dibuat dapat digunakan untuk diaplikasikan pengukuran pada ruangan.

Tabel 4.2 Hasil pengujian waktu dengung dengan T30 acuan dari rentang 0,5 sampai 4 detik menggunakan metode Schroeder

0,5	0,4909
1	0,9880
1,5	1,4996
2	1,9990
2,5	2,4885
3	2,9990
3,5	3,4965
4	4,0199

$T30_{acuan}$ dalam detik	$T30_{TERUKUR}$ dalam detik
0,5	0,4957
1	0,9078
1,5	1,4975
2	1,9980
2,5	2,4908
3	2,9222
3,5	3,6776
4	3,9998

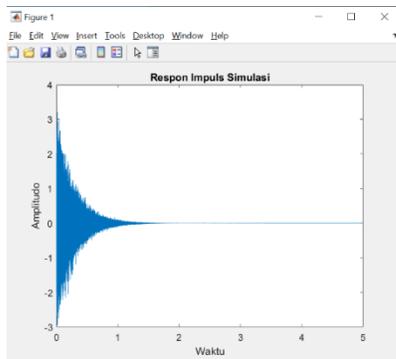
Tabel 4.3 Hasil pengujian waktu dengung dengan T20 acuan dari rentang 0,5 sampai 4 detik menggunakan metode Schroeder

$T20_{acuan}$ dalam detik	$T20_{acuan}$ dalam detik
---------------------------	---------------------------

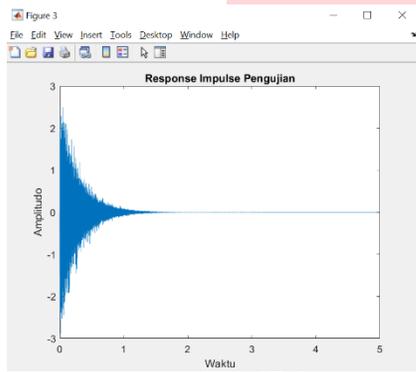
Dari hasil pengujian harga waktu dengung acuan dengan terukur didapatkan nilai keakuratan program T20 sebesar 99,47 % dan T30 sebesar 97,73% . Dapat disimpulkan bahwa program yang dibuat dapat digunakan untuk diaplikasikan pengukuran pada ruangan.

4.2 Hasil Pengujian Respon Impuls

Dibawah ini merupakan data pengujian respon impuls dari data rekaman yang disimulasikan dari pengukuran waktu dengung ditambah *sine tone*.



Gambar 4.3 Grafik respon impuls simulasi dengan $(T60_{acuan} = 2 \text{ detik})$



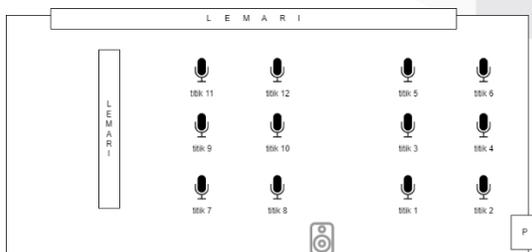
Gambar 4.4 Grafik respon impuls terukur dengan $T60_{acuan} = 2 \text{ detik}$

Dari kedua gambar 4.3 dan 4.4 apabila dibandingkan dan dilihat dengan sekilas tidak terlalu ada perbedaan bentuk grafik yang signifikan. Maka program yang telah dibuat dapat digunakan untuk diaplikasikan pengukuran pada ruangan

4.3 Hasil Pengukuran pada Ruang Kelas N307

B

Berikut ini adalah hasil dari pengukuran waktu dengung yang dilakukan pada ruangan. Pengukuran dilakukan di N307 Teknik Elektro, Universitas Telkom. Pengukuran dilakukan sebanyak 12 titik, denah setiap titik dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini :



Gambar 4.5 Denah Pengukuran N307

Setelah dilakukan beberapa kali pengukuran didapatkan harga waktu dengung dari

setiap titik pengukuran, beserta peluruhan selain T60. Hasil dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini:

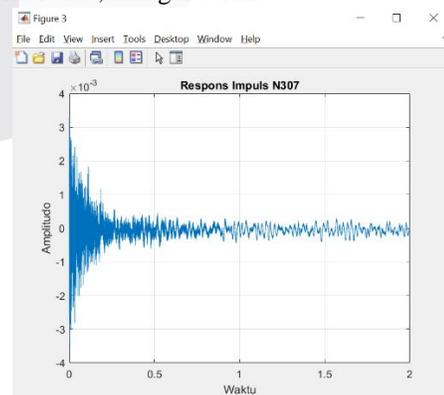
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran waktu dengung pada ruangan kelas N307

T60 (0dB – 60dB)	T30 (30dB – 60dB)	T20 (10dB - 30dB)	EDT (0dB – 10dB)
NaN	0,0437	1,0527	0,9369
NaN	0,0163	0,2473	1,7432
NaN	0,0437	1,0527	0,9369
NaN	0,0163	0,2473	1,7432
2	0,1174	0,8371	1,1234
2	0,3945	0,6930	1,1818
1,9990	0,3505	0,7655	1,1162
1,9997	0,4823	1,1320	0,7204
1,9998	0,3371	1,6633	0,2346
NaN	NaN	0,0668	1,9319
1,9998	0,4588	0,8019	1,0193
1,9999	0,2914	1,6491	0,2325

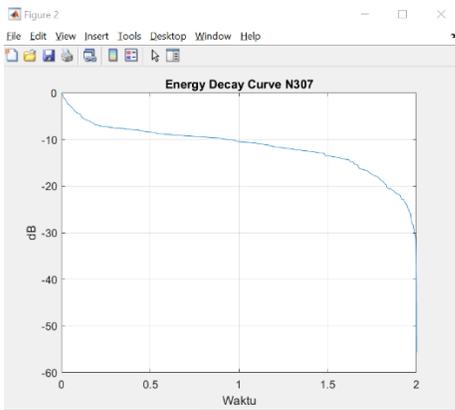
Dari hasil pengukuran diatas didapat beberapa T60 yang tidak terdefinisi dikarenakan kurva energi tidak sampai 60 dB sehingga tidak menampilkan harga waktu dengungnya. Apabila dirata-ratakan setiap titik pengukuran waktu dengung, maka didapatkan $T60 = 1,166 \text{ detik}$, $T30 = 0,2126 \text{ detik}$, $T20 = 0,8507 \text{ detik}$, $EDT = 1,0766 \text{ detik}$.

Sebagaimana terlihat pada gambar 4.5, terlihat bahwa ruangan terdiri dari berbagai macam bahan yang menghasilkan medan suara berbeda-beda dari satu sektor titik ukur terhadap sektor titik ukur lainnya.

Salah satu respon impuls dan EDC yang dihasilkan dari beberapa hasil perekaman di ruangan kelas N307, sebagai berikut :



Gambar 4.7 Grafik respon impuls di ruangan N307



Gambar 4.8 Grafik EDC di ruangan N307

4.4 Hasil Pengukuran pada Masjid Syamsul Ulum

Berikut ini adalah hasil dari pengukuran waktu dengung yang dilakukan pada ruangan lantai 1 Masjid Syamsul Ulum, Universitas Telkom. Pengukuran dilakukan sebanyak 17 titik, denah setiap titik dapat dilihat pada gambar 4.9 dibawah ini:



Gambar 4.9 Denah pengukuran di MSU

Setelah dilakukan beberapa kali pengukuran didapatkan harga waktu dengung dari setiap titik pengukuran, beserta peluruhan selain T60. Hasil dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran waktu dengung pada Masjid Syamsul Ulum

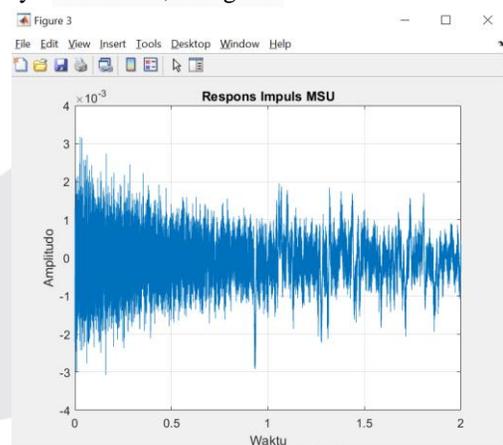
T60	T30	T20	EDT
NaN	NaN	0,2442	1,7531
NaN	NaN	0,3033	1,6925
NaN	0,0044	0,2092	1,7890
2	0,0052	0,2294	1,7672
NaN	NaN	0,2442	1,7531
2	0,0071	0,1806	1,8176
NaN	NaN	0,3298	1,6661

NaN	NaN	0,4171	1,5784
NaN	NaN	0,2887	1,7083
NaN	NaN	0,3669	1,6286
2	0,0222	0,5280	1,4553
NaN	NaN	0,5613	1,4307
NaN	0,0064	0,3246	1,6722
NaN	0,0085	0,3085	1,6890
2	0,0183	0,3838	1,6103
2	0,0159	0,3808	1,6122
2	0,0228	0,5569	1,4346

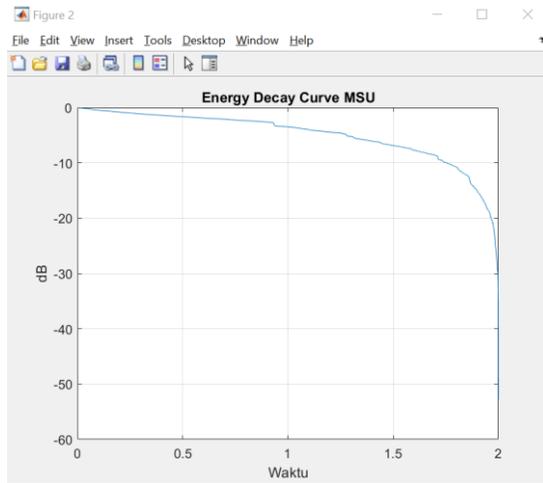
Dari hasil pengukuran diatas didapat beberapa T60 yang tidak terdefinisi dikarenakan kurva energi tidak sampai 60 dB sehingga tidak menampilkan harga waktu dengungnya. Apabila dirata-ratakan setiap titik pengukuran waktu dengung, maka didapatkan T60 = 0,705 detik , T30 = 0,0065 detik, T20 = 0,3445 detik, EDT = 1,6504 detik.

Sebagaimana terlihat pada gambar 4.9, terlihat bahwa ruangan terdiri dari berbagai macam bahan yang menghasilkan medan suara berbeda-beda dari satu sektor titik ukur terhadap sektor titik ukur lainnya.

Salah satu respon impuls dan EDC yang dihasilkan dari beberapa hasil perekaman di Masjid Syamsul Ulum, sebagai berikut :



Gambar 4.10 Grafik respon impuls di MSU



Gambar 4.11 Grafik EDC di MSU

B. Kesimpulan dan Saran

a. Kesimpulan

Terdapat beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari pengujian pada Tugas Akhir ini, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Dari pengujian didapatkan parameter akustik dari waktu dengung dengan macam peluruhan, di Masjid Syamsul Ulum didapat rata-rata peluruhan $T_{60} = 0,705$ detik , $T_{30} = 0,0065$ detik, $T_{20} = 0,3445$ detik, EDT = 1,6504 detik.. Dan di Ruang kelas N.307 didapat rata-rata peluruhan $T_{60} = 1,166$ detik , $T_{30} = 0,2126$ detik, $T_{20} = 0,8507$ detik, EDT = 1,0766 detik. Hasil pengukuran dari kedua tempat memiliki harga waktu dengung yang masih jauh dari standar yaitu kurang lebih untuk peluruhan T_{60} tidak lebih dari 1 detik dan tidak terlalu jauh dari 1 detik.
2. Penggunaan dua sensor dengan koneksi wifi kurang efektif yang dimana akan selalu ada *delay* dibagian awal ataupun akhir rekaman, dan *delay* tidak menentu.

b. Saran

Terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan pertimbangan sebagai pengembangan pengujian pada Tugas Akhir ini, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Mengembangkan kontrol sensor menggunakan server/PC/Laptop.
2. Diperlukan alat SLM (*Sound Level Meter*) sebagai nilai acuan.
3. Dapat ditambahkan beberapa fitur tambahan seperti adanya pengukuran respon impuls menggunakan sinyal *MLS*.

4. Dapat menggunakan *software* yang berbeda untuk perhitungan respon impuls, selain MATLAB.

REFERENSI

318, M. (2007). *Impluse Response Measurment*.

A. Gumelar, G. A. (2018). *Perancangan Instrumentasi Monitoring Kualitas Akustik Ruangan Berdasarkan Tingkat Tekanan Bunyi dan Waktu Dengung*.

Dr. Muladi, S. M. (2021). *TELEKOMUNIKASI*. Ahlimedia Book.

ETSI. (2000). *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); End to End Quality of Service in TIPHON Systems; Part 2: Definition of Quality of Service (QoS) Classes*, Prancis.

Farina, A. (2000). *Simultaneous Measurement of Impulse Response and Distortion with a Swept-Sine Technique. Simultaneous Measurement of Impulse Response and Distortion with a swept-sine Technique*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/277293870>

Hoddie, P. (2020). *IoT Development for ESP32 and ESP8266 with JavaScript*. Apress.

InvenSense. (2014). *Omnidirectional Microphone with Bottom Port and I2S Digital Output*. U.S.A: InvenSense, Inc. Retrieved from <https://invensense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/INMP441.pdf>

Rahman, S. A. (2016). *Pelacakan Sumber Bunyi Bergerak Bawah Air Berdasarkan Estimasi Waktu Tunda Menggunakan Hydrophone Array*. Institut Teknologi Sepuluh November.

Suyanto, M. (2005). *Multimedia Alat untuk Meningkatkan Keunggulan Bersaing*. Penerbit Andi.

Tiphon. (1999). *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON) General Aspects of Quality of Services (QoS)*.

