

Perancangan Instrumentasi Monitoring Kualitas Akustik Ruangan Berdasarkan Tingkat Tekanan Bunyi dan Waktu Dengung

Agung Gumelar^{(1)*}, Gurum Ahmad Pauzi⁽¹⁾, Arif Surtono⁽¹⁾

⁽¹⁾Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung
Bandar Lampung 35145

*E-mail: Gumelar.1412@gmail.com,

Diterima (7 November 2017), Direvisi (27 November 2017)

Abstract. *The room acoustic measurement based on the sound pressure level and reverberation time was done in Al-Wasi'I mosque in Lampung University. The measurement of sound pressure level and reverberation time used 8 microphones which were connected to the internal soundcard of a laptop with a multiplexer as a data selector, while the acquisition system and signal processing used Matlab r2014a. The measurements were conducted in 64 points distributed inside the room. The measurement results for sound pressure level showed an average of 61,95 dB. The data of sound contour showed differences in each measured point of no more than 6 dB so that the sound pressure was evenly distributed. The reverberation time measurement result was 3,03 seconds, where this reverberation time far from optimal reverberation time of 0,90 to 1,20 seconds. The overall of acoustic quality in the praying room of Al-Wasi'I mosque in Lampung University was not good because it did not meet a proper acoustic sound requirements.*

Keyword : Room Acoustic, Sound Pressure Level, Reverberation Time, Mosque.

Abstrak. Telah dilakukan pengukuran kualitas akustik ruangan berdasarkan tingkat tekanan bunyi dan waktu dengung di ruangan ibadah Masjid Al-Wasi'I Universitas Lampung. Pengukuran tingkat tekanan bunyi dan waktu dengung menggunakan instrumentasi berupa 8 mikrofon yang terhubung ke *soundcard internal* laptop dengan multiplexer sebagai selector data, sistem akuisisi dan pengolahan sinyal menggunakan aplikasi Matlab r2014a. Pengukuran dilakukan pada 64 titik yang tersebar dalam ruangan. Dari hasil pengukuran untuk tingkat tekan bunyi memiliki nilai rata-rata 61,92 dB. Data pola menunjukkan perbedaan tiap titik yang berdekatan tidak lebih dari 6 dB sehingga distribusi tingkat tekanan bunyi telah merata. Untuk pengukuran waktu dengung berkisaran 3,03 detik dimana waktu dengung ini masih jauh dari kata optimum yang berkisaran 0,90 – 1,20 detik. Secara keseluruhan kualitas akustik di ruangan ibadah Masjid Al-Wasi'I Universitas Lampung belum baik karena masih belum memenuhi syarat akustik yang seharusnya.

Kata kunci : Akustik Ruangan, Tingkat Tekan Bunyi, Waktu Dengung, Masjid.

PENDAHULUAN

Masjid merupakan bangunan penting bagi umat islam karena disanalah kegiatan ibadah dilaksanakan. Terdapat tiga kegiatan utama yang dilakukan di dalamnya yaitu ibadah shalat berjamaah, penyampaian khutbah oleh imam serta mendengarkan dan membaca ayat-ayat dari kitab suci Al-Qur'an [1]. Semua kegiatan tersebut berkaitan dengan kemampuan mendengarkan dan kejelasan penyampaian

suara. Suara di dalam ruang Masjid yang dapat didengarkan dengan jelas dan estetik merupakan salah satu faktor kenyamanan dan kekhusukan beribadah, kondisi ini berkaitan dengan kualitas akustik didalam ruangan ibadah tersebut. Oleh karena itu, dalam perancangan arsitektur dan interior masjid perlu diperhatikan kualitas akustik untuk kenyamanan dalam beribadah [2].

Namun, selama ini kualitas akustik belum dijadikan sebagai pertimbangan utama dalam tahap konseptual desain

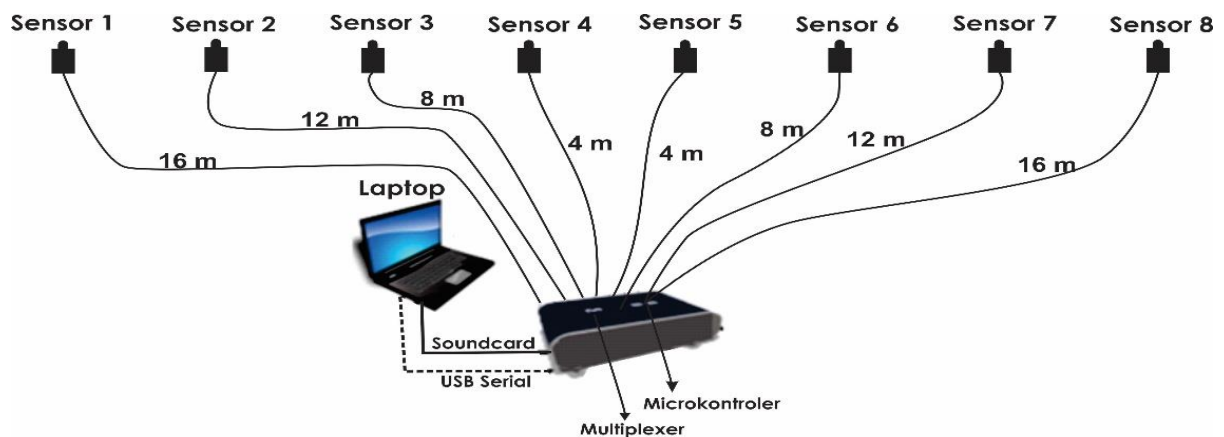
arsitektur dan interior ruangan masjid [3]. Kebanyakan bangunan Masjid yang telah dibuat dan dirancang tidak memadai kejelasan penyampaian suara sehingga kondisi akustik perlu perbaikan [4]. Dewan Masjid Indonesia juga menjelaskan bahwa sekitar 70% Masjid yang ada memiliki nilai kualitas akustik yang buruk sehingga perlu dikaji lebih lanjut tentang masalah ini [5]. Permasalahan kualitas akustik dalam perancangan arsitektur dan interior masjid terletak pada bentuk geometris masjid berkubah berbentuk setengah bola atau *dome* yang menyebabkan terjadinya suara yang terfokus dan distribusi suara tidak merata. Selain itu pemilihan bahan material dengan permukaan yang keras dan berkesan bersih seperti granit, marmer, ubin dan kaca menyebabkan penurunan kejelasan suara berupa pantulan suara yang panjang serta menimbulkan dengung berlebih dalam ruangan Masjid yang akhirnya menimbulkan cacat akustik.

Kualitas akustik ruangan ditentukan oleh parameter akustik yang dimiliki ruangan tersebut. Parameter yang menjadi tolak ukur kualitas akustik yaitu tingkat tekanan bunyi dan waktu dengung. Untuk mengatasi cacat akustik yang ada dalam ruangan masjid ada beberapa cara yang dapat dilakukan diantaranya cacat akustik yang disebabkan distribusi tingkat tekanan bunyi yang kurang merata dapat dilakukan dengan menempatkan posisi pengeras suara sesuai arah rambatnya dan dengung yang berlebih dengan cara memberi bahan penyerap suara pada setiap sisi permukaan. Oleh karena itu untuk memberikan evaluasi yang tepat dari masalah akustik ruangan masjid terlebih dahulu dilakukan pengukuran kualitas akustik ruangan [3]. Pengukuran perlu dilakukan diberbagai titik untuk memberikan gambaran kualitas akustik yang baik.

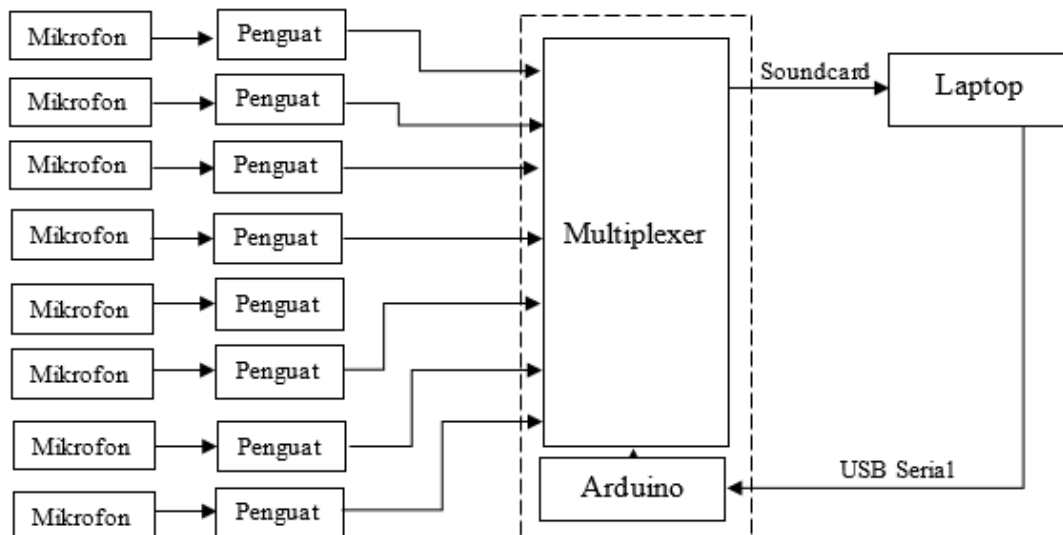
Berdasarkan permasalahan di atas maka dilakukan sebuah perancangan instrumen dan pengukuran kualitas akustik ruangan berdasarkan tingkat tekanan bunyi dan waktu dengung. Sebelumnya pernah dilakukan perancangan instrumen pengukuran kualitas akustik ruangan oleh Jean (2016) tentang analisis akustik ruangan di auditorium Departemen Industri Universitas de Santa Maria menggunakan *soundcard* eksternal, mikrofon bidirectional dan akuisisi menggunakan ITA-Toolbox. Pada penelitian ini di gunakan instrumentasi yang memanfaatkan *soundcard internal* laptop yang terhubung kedelapan sensor mikrofon dengan akuisisi data menggunakan Matlab r2014a. Pengukuran dilakukan pada enam puluh empat titik yang tersebar pada ruangan ibadah Masjid Al-Wasi'I Universitas Lampung. Data yang diperoleh kemudian dibuat peta kontur untuk dapat melihat gambaran kualitas akustik yang di tinjau dari tingkat tekanan bunyi dan waktu dengung sebagai tolak ukur dan bahan evaluasi kenyamanan beribadah di ruangan ibadah Masjid Al-Wasi'I Universitas Lampung.

METODE PENELITIAN

Untuk mengetahui kinerja kualitas akustik di Masjid Al-Wasi'I Universitas Lampung pengukuran dilakukan dengan menggunakan instrumentasi yang dirancang menggunakan *soundcard internal* laptop yang terhubung ke delapan sensor yang input dikendalikan melalui komunikasi serial. Proses sinyal akustik menggunakan *software* Matlab r2014a dan penyajian data menggunakan *software* golden suffer 10. Skema dan diagram blok dari sistem instrumen pengukuran yang dibuat ditunjukkan oleh **Gambar 1 dan 2**.



Gambar 1. Skema Instrumentasi Pengukuran Kualitas Akustik.



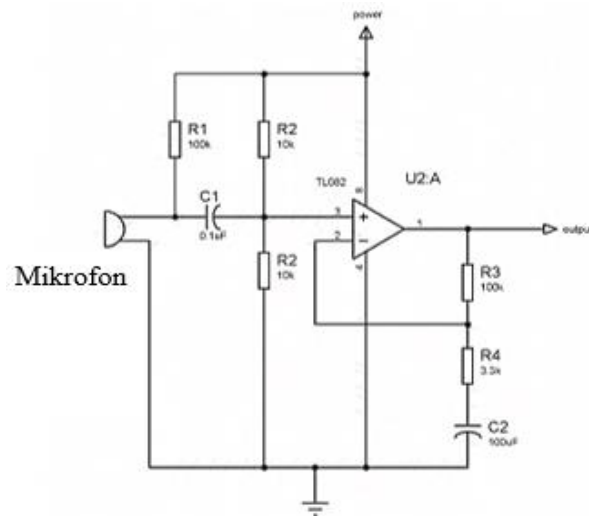
Gambar 2. Diagram blok Pengukuran Kualitas Akustik

Adapun sistem elektris yang digunakan dalam alat yang dibuat menggunakan sensor mikrofon dengan pengondisi sinyal berupa penguat *non-inverting* dengan IC TL082 yang merupakan IC *low power dual operation amplifier* yang dapat dilihat pada **Gambar 3**. Untuk menghitung besarnya penguatan dari rangkaian penguat *non-inverting* dapat diperoleh menggunakan persamaan 1.

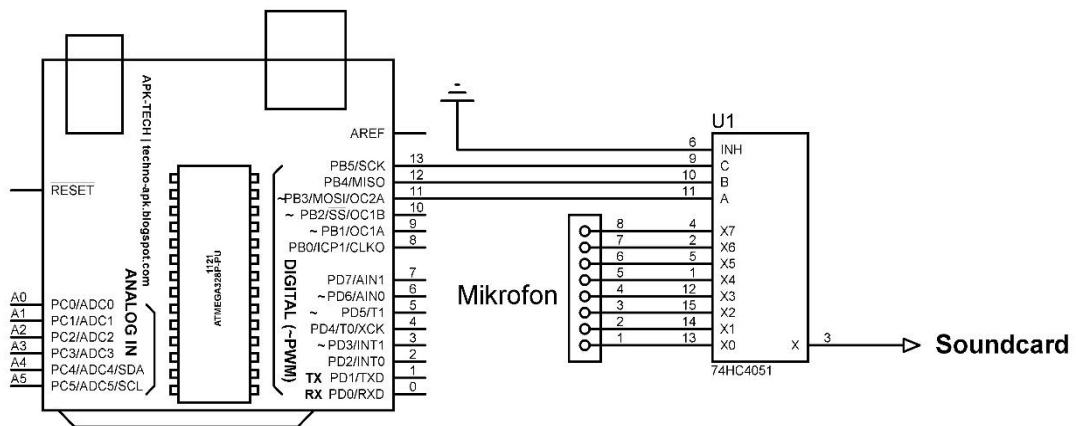
$$A_v = \left(1 + \frac{R_3}{R_4} \right) \quad (1)$$

Dengan R_3 bernilai 100k dan R_4 bernilai 3,3k, Sehingga penguatan yang diperoleh sebesar 31,33 kali. Kapasitor C_1 sebesar 0.1 μF yang berfungsi sebagai kopling, kemudian dalam rangkaian ini menggunakan kapasitor C_2 sebesar 100 μF sebagai penahan noise dalam rangkaian.

Karena didalam *soundcard* Laptop hanya memiliki satu *chanel* maka diperlukan rangkaian selektor data. Rangkaian ini menggunakan multiplexer analog yang dihubungkan ke mikrokontroler Arduino sebagai input logika untuk selektor data seperti pada **Gambar 4**.



Gambar 3. Rangkaian *Pre-amplifier* Mikrofon



Gambar 4. Rangkaian Selektor Data

Dalam perancangan ini pin digital Arduino 13, 12 dan 11 difungsikan sebagai pin *output* yang dapat mengeluarkan tegangan 5 volt yang kemudian dihubungkan ke pin A, B dan C multiplexer untuk mengaktifkan *channel* yang digunakan.

Pada penelitian ini, data diambil pada 64 titik pengukuran yang tersebar di ruang ibadah Masjid Al-Wasi'I Universitas Lampung. Penelitian ini menggunakan delapan sensor yang diletakkan di dalam ruang ibadah masjid. Delapan sensor ini diletakkan dengan jarak antar sensor sejauh 3,88 m dan pergeseran sensor sejauh 3,57 m serta dilakukan delapan kali pergeseran, sehingga ruangan yang dideteksi merata.

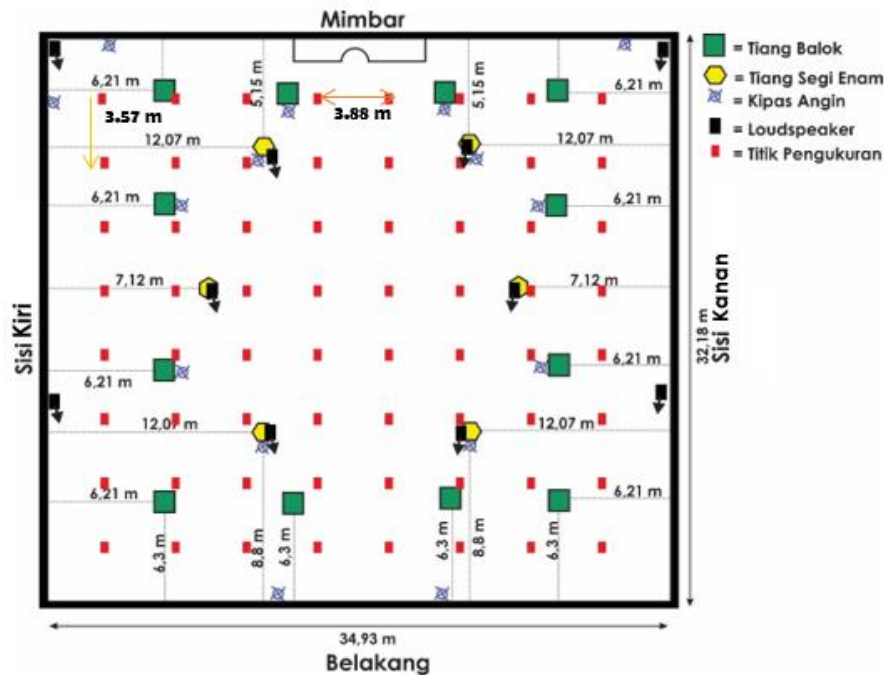
Denah peletakan sensor ditunjukkan oleh Gambar 5.

Pengambilan data kualitas akustik ruangan ini meliputi pengukuran tingkat tekanan bunyi dan waktu dengung. Pengukuran tingkat tekanan bunyi dilakukan dengan memanfaatkan pembangkit sinyal dengan frekuensi 1 KHz yang dihubungkan ke pengeras suara dan selanjutnya suara dalam ruangan direkam menggunakan alat buatan selama 5 detik pada setiap titik pengukuran. Data yang diperoleh buat menjadi tingkat tekanan bunyi yang selanjutnya diambil rata-rata pada setiap titiknya. Kemudian data dibuat peta *counture* untuk melihat pola distribusi tingkat tekanan bunyi. Pengukuran waktu dengung dilakukan dengan membangkitkan

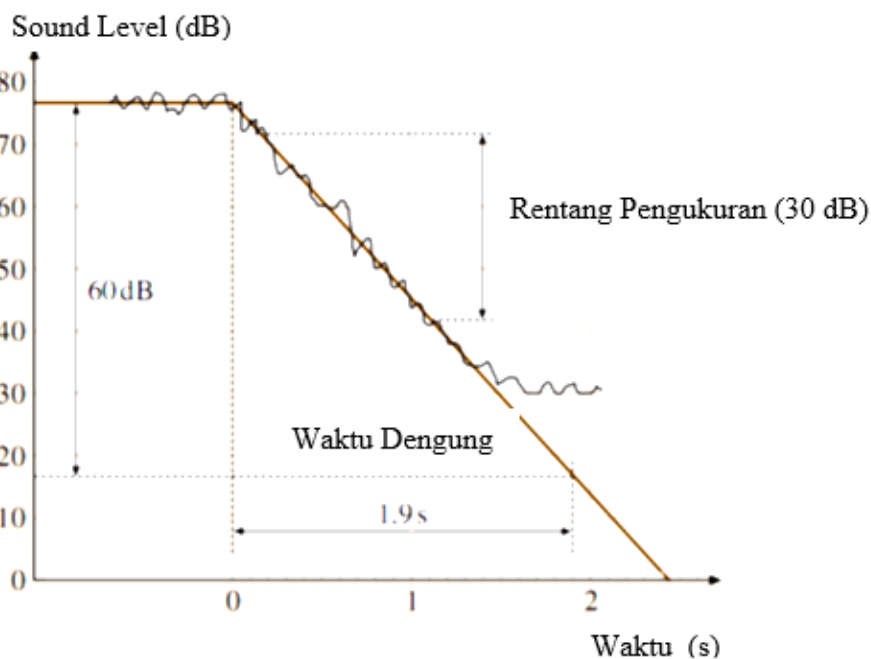
suara *impulse* berupa suara ledakan balon kemudian suara direkam menggunakan alat buatan.

Sinyal suara hasil rekam sebelumnya ditampilkan dalam bentuk grafik penurunan tingkat tekanan bunyi. Pengukuran waktu dengung ini sesuai dengan logaritma

dimana penurunan bunyi yang dihasilkan dapat didekati dengan garis lurus yang merupakan suatu interval waktu berkaitan dengan berkurangnya tingkat tekanan bunyi sebesar 60 dB seperti yang ditampilkan pada **Gambar 6**.



Gambar 5. Denah Lokasi Penempatan Sensor



Gambar 6. Pengukuran Waktu Dengung [6]

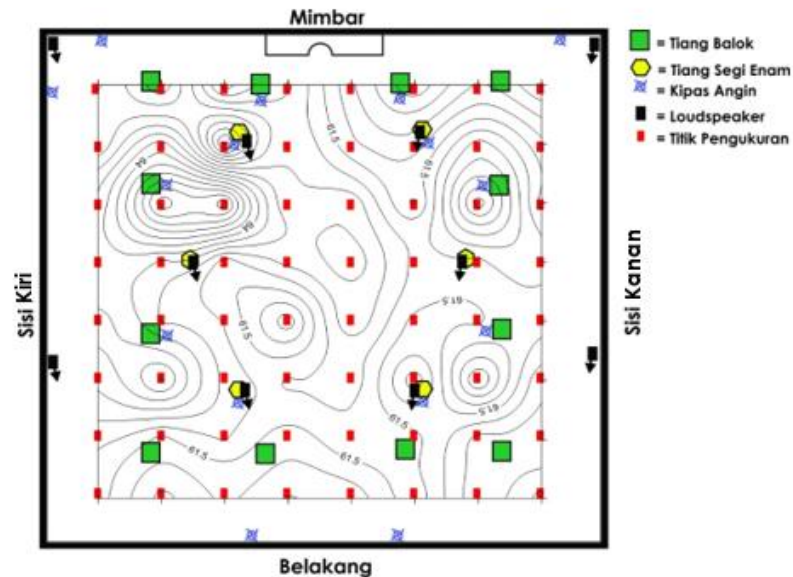
HASIL DAN PEMBAHASAN

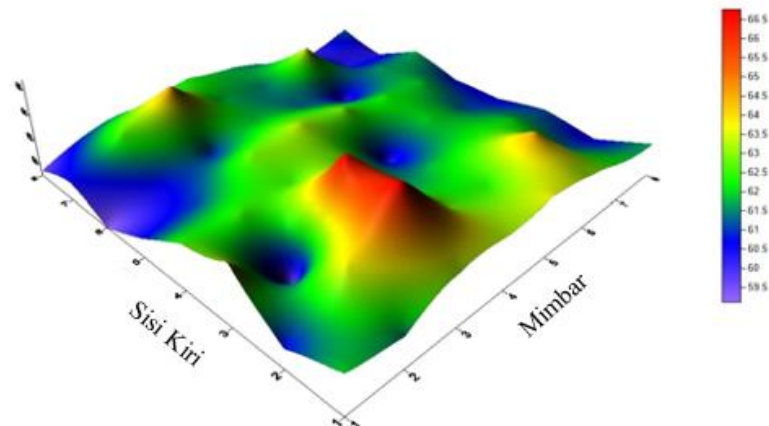
Data yang diambil pada penelitian ini berupa tingkat tekanan bunyi dan waktu dengung yang menyebar pada 64 titik yang telah ditentukan dengan menggunakan 8 sensor di Masjid Al Wasi'i Universitas Lampung. Data yang telah diambil ini selanjutnya akan dibuat pola menggunakan *surfer golden software*. Data ini diperoleh dari hasil pengujian alat di Masjid Al Wasi'i Universitas Lampung pada tanggal 23 september 2017 pukul 23.30 WIB sampai dengan 24 september 2017 pukul 02.30 WIB. Pengujian dilakukan dengan meletakkan 8 sensor secara bersamaan untuk 8 titik ukur di dalam ruang ibadah Masjid Al Wasi'i Universitas Lampung dengan ketinggian $\pm 0,7$ m dan jarak antar sensor 3,88 m. Selanjutnya kedelapan sensor dipindahkan menjauhi titik pengukuran sebelumnya sejauh 3,57 m

hingga delapan kali pengukuran, sehingga pengukuran dapat dilakukan pada 64 titik ukur. Adapun data hasil pengukuran tingkat tekanan bunyi dan waktu dengung dalam penelitian ini sebagai berikut.

Tingkat Tekanan Bunyi

Pada pengambilan data tingkat tekanan bunyi sumber bunyi berasal dari sebuah mikrofon utama masjid yang telah diberikan sinyal bunyi 1 Khz dengan seluruh *loudspeaker* di dalam Masjid dalam keadaan hidup. Selanjutnya dilakukan pengukuran pada setiap titik secara bergantian, data yang diambil berupa data rata-rata tingkat tekanan bunyi selama 5 detik tiap titik. Hasil dari pola kualitas akustik ruangan ibadah Masjid Ai-Wasi'I Universitas Lampung berdasarkan tingkat tekanan bunyi dapat dilihat pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**.





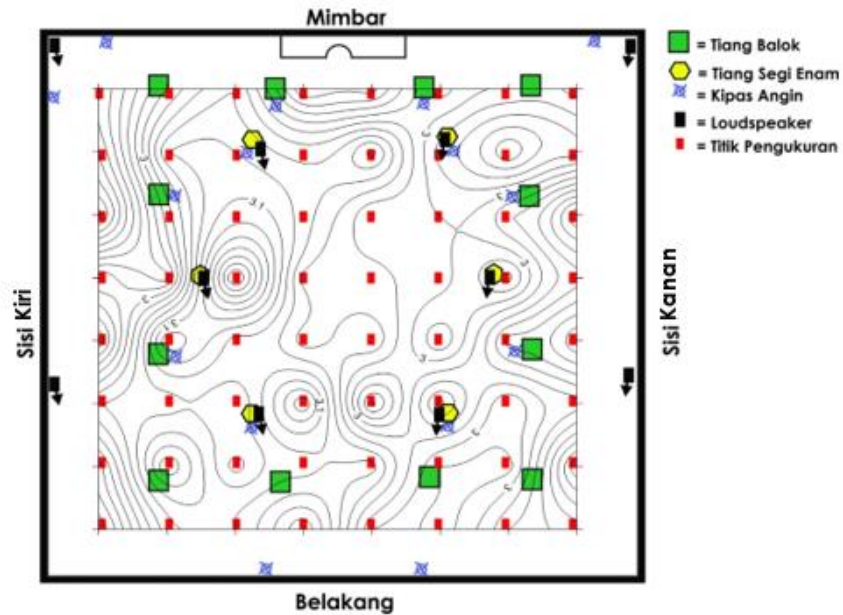
Gambar 8. Pola Pemetaan Tingkat Tekanan Bunyi dalam 3 Dimensi

Gambar 7 dan **Gambar 8** menunjukkan bahwa tingkat tekanan bunyi tertinggi berada pada titik (3,2) dan (3,3) dengan nilai tingkat tekanan bunyi sebesar 66,86 dB dimana hal ini disebabkan oleh bunyi dari *speaker* yang terletak didepan, dimana jika di asumsikan arah bunyi menyebar maka pada daerah ini merupakan titik pertemuan bunyi pantul dan bunyi langsung sehingga tingkat tekanan bunyi ini menjadi sangat tinggi. Rata-rata pengukuran tingkat tekanan bunyi di Masjid Al Wasi'i Universitas Lampung pada semua titik memiliki tingkat tekanan bunyi sebesar 61,92 dB. Perbedaan tingkat tekanan bunyi terbesar dan nilai tingkat tekanan bunyi rata-rata semua titik sebesar 4,94 dB, sedangkan perbedaan nilai tingkat tekanan bunyi terendah dan nilai tingkat tekanan bunyi rata-rata semua titik sebesar 2,84 dB. Dilihat dari data dan pola distribusi tingkat tekanan bunyi diantara titik yang berdekatan serta titik dekat dari sumber suara dengan titik yang jauh dari sumber suara nilai perbedaan tidak lebih dari 6 dB. Bisa dikatakan untuk distribusi tingkat tekanan bunyi jika penilaian mengacu pada metode penilaian Indrani [7], didasarkan pada perbedaan nilai tingkat tekanan bunyi pada satu titik dekat dengan sumber suara dengan titik ukur terjauh tidak lebih dari 6 dB maka distribusi tingkat tekanan bunyi di

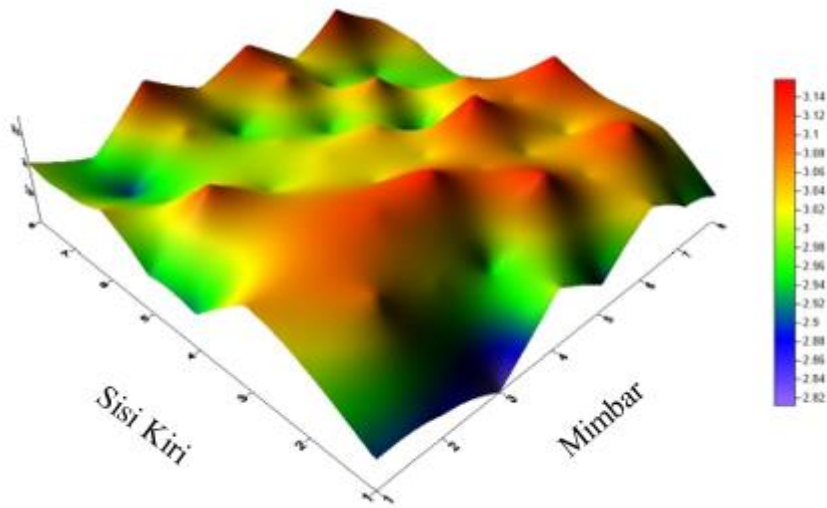
Masjid Al Wasi'i Universitas Lampung telah menyebar secara merata. Hasil yang di peroleh sama dengan penelitian sebelumnya oleh Bari [8] dimana tingkat tekanan bunyi di Masjid Al-Wasi'I telah menyebar merata.

Waktu Dengung

Pada pengambilan data waktu dengung sumber bunyi berasal dari sebuah mikrofon utama masjid yang telah diberikan sinyal bunyi berupa *impulse respon* berupa ledakan balon dengan seluruh *loudspeaker* di dalam masjid dalam keadaan hidup, kemudian bunyi direkam. Pengambilan data dilakukan berulang pada 64 titik yang ada didalam ruangan ibadah Masjid al-Wasi'I Universitas Lampung. Selanjutnya sinyal yang direkam ditampilkan dalam bentuk grafik penurunan tingkat tekanan bunyi. Pengukuran waktu dengung ini sesuai dengan logaritma dimana penurunan bunyi yang dihasilkan dapat didekati dengan garis lurus yang merupakan suatu interval waktu berkaitan dengan berkurangnya tingkat tekanan bunyi sebesar 60 dB [6]. Dari data yang diperoleh kemudian data dibuat peta *counture* berupa pola 2 Dimensi dan 3 Dimensi. Hasil dari pola kualitas akustik ruangan ibadah Masjid Ai-Wasi'I Universitas Lampung berdasarkan waktu dengung dapat dilihat pada **Gambar 9** dan **Gambar 10**.



Gambar 9. Pola Pemetaan Waktu Dengung dalam 2 Dimensi.



Gambar 10. Pola Pemetaan Waktu Dengung dalam 3 Dimensi

Gambar 9 dan **Gambar 10** menunjukkan bahwa waktu dengung terpanjang berada pada titik (4,3) dengan nilai waktu dengung sebesar 3,25 detik dan tingkat tekanan bunyi terendah berada pada titik (3,1) dengan waktu dengung sebesar 2,81 detik. Rata-rata pengukuran tingkat tekanan bunyi di Masjid Al Wasi'i Universitas Lampung pada semua titik memiliki waktu dengung sebesar 3,03 detik. Secara keseluruhan pola waktu dengung

didalam Masjid Al Wasi'i Universitas Lampung menyebar secara merata. Namun, nilai waktu dengung yang diperoleh jauh dari nilai waktu dengung optimum, dimana nilai waktu dengung optimum untuk masjid yaitu berkisaran anta 0,90 sampai 1,20 detik [9].

Hal ini disebabkan oleh beberapa hal diantaranya ruangan ibadah Masjid Al-Wasi'I yang kosong dan minim material yang memiliki koefisien *absorber* dan

bentuk pelafon yang berkubah. Hal ini sama seperti sebelumnya dijelaskan dalam penelitian Agustinus [10] bahwa ruangan yang kosong dengan minimnya material yang memiliki koefisien *absorber* memiliki waktu dengung yang panjang, selain itu menurut penelitian Candra [11] perbandingan bentuk pelafon datar, cembung dan berkubah secara pengukuran langsung dimana bentuk berkubah menghasilkan nilai waktu dengung yang paling buruk. Seperti yang disebutkan Soegijanto (2001), bahwa terdapat 5 persyaratan umum akustik untuk ruang masjid, yaitu kekerasan bunyi yang mencukupi, distribusi tingkat tekanan bunyi yang merata, waktu dengung yang optimum yang berpengaruh pada kejelasan pembicaraan, bebas dari cacat akustik, dan tingkat bising yang rendah. Walaupun tingkat tekanan bunyi telah merata dalam ruangan Masjid Al Wasi'i Universitas Lampung namun untuk waktu dengung masih jauh dari optimum sehingga kualitas akustik ruang ibadah Masjid Al-Wasi'I belum dapat dikatakan baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas akustik ruangan ibadah Masjid Al-Wasi'I Universitas Lampung berdasarkan tingkat tekanan bunyi terlihat sudah merata secara keseluruhan dimana tingkat tekanan bunyi titik terdekat dan terjauh dari sumber bunyi tidak lebih dari 6 dB, kemudian waktu dengung menyebar secara merata dengan waktu dengung berkisaran 3,03 detik dimana waktu dengung ini masih jauh dari kata optimum yang seharusnya yaitu berkisaran 0,90 – 1,20 detik. Secara keseluruhan kualitas akustik di ruangan ibadah Masjid Al-Wasi'I Universitas Lampung belum bisa dikatakan baik karena masih belum memenuhi syarat akustik ruangan yang sesuai.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Laboratorium Elektronika Dasar Universitas Lampung dan Badan Pengurus Harian Masjid Al-Wasi'I Universitas Lampung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. K. Yuksel, C. Binan, and R. Ünver, *A Research Project In The Intersection Of Architectural Conservation And Virtual Reality: CAHRISMA*, no. 11. Istanbul, Turkey, 2003.
- [2] A. A. Abdou, "Measurement of Acoustical Characteristics of Mosques in Saudi Arabia," *Acoust. Soc. Am.*, vol. 113, no. March, pp. 1505–1517, 2003.
- [3] Z. Karabiber, "Acoustical problems in mosques: A case study on the three mosques in Istanbul," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 105, no. 2, 1999.
- [4] M. R. Ismail, "A Parametric Investigation of The Acoustical Performance of Contemporary Mosques," *Front. Archit. Res.*, vol. 2, no. 1, pp. 30–41, 2013.
- [5] A. M. R. Elsa Fitria Bena, Beta Suryokusumo Sudarmo, "Waktu Dengung Ruang Sholat Masjid Desa Berdasarkan Perbedaan Bentuk Plafon," *RUAS*, vol. 12, no. 2, pp. 41–53, 2014.
- [6] A. C. Gade, "Investigation of Musicians' Room Acoustic Conditions in Concert Halls. Part I: Method and Laboratory Experiments," *ACUSTICA*, vol. 69, no. May 1989, pp. 193–203, 1989.
- [7] H. C. Indrani, S. N. N. Ekasiwi, and W. A. Asmoro, "Analisis Kinerja Akustik Pada Ruang Auditorium Multifungsi Studi kasus: Auditorium

- Universitas Kristen Petra, Surabaya,” *Dimens. Inter. Univ. Kristen Petra*, vol. 5, no. 1, pp. 1–11, 2007.
- [8] F. Bari, G. A. Pauzi, A. Supriyanto, and Warsito, “Perancangan Alat Deteksi Pola Perambatan Suara dengan Metode Multi Titik Menggunakan Komunikasi Protokol TCP / IP WIZ110SR Studi Kasus : Ruangan Ibadah Masjid Al Wasi’i Universitas Lampung,” *Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 4, no. 02, pp. 15–20, 2016.
- [9] S. V. Szokolay, “Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design,” in *Architectural Press: Oxford*, 2004.
- [10] Istiadji, A. Djoko, and F. Binarti, “Studi Simulasi Ecotect Sebagai Pendekatan Redesain Akustik Auditorium,” *Dimens. Tek. Arsit.*, vol. 35, no. 2, pp. 107–116, 2007.
- [11] C. S Budi, A. Ramadiansyah, and D. Sawitri, “Studi Kualitas Akustik Berdasarkan Waktu Dengung Dan Bising Latar Belakang Masjid – Masjid Besar di Surabaya,” *Tek. Fis.*, vol. 1, pp. 1–13, 2010.