

ACOUSTICAL PERFORMANCE OPTIMIZATION OF MASJID AL-IRSYAD SATYA KOTA BARU PARAHYANGAN

¹Nabila Rachmasari P., ²Irma Subagio, S.T., M.T.

¹ Student in the Undergraduate's (S-1) Study Program in Architecture at Parahyangan Catholic University

² Senior lecturer in the Undergraduate's (S-1) Study Program in Architecture at Parahyangan Catholic University

Abstract - The mosque is a place of worship for Muslims. Activities held at the mosque consist of congregational prayers, sermons, recitations, weddings and discussions forums. These activities are the kinds that require voice clarity so that the acoustics in the mosque are important. Al-Irsyad Mosque Kota Baru Parahyangan is a mosque designed by Urbane which has a porous wall design with good natural ventilation in mind. However, the porous walls in the mosque can potentially reduce the quality of the acoustical performance that occurs in the interior. Thus, the acoustic performance of Al-Irsyad Mosque in Kota Baru Parahyangan is interesting to be studied. The purpose of this study was to determine the acoustic performance of the Al-Irsyad Mosque in Kota Baru Parahyangan based on objective parameters, and what efforts can be made to optimize the acoustic performance if found not optimal.

The research uses quantitative research methods. Quantitative research was carried out by conducting a literature study to find out theories about mosque acoustics, and field observations for data collection, as well as field measurements to determine the acoustical condition of the mosque. The data collected is acoustic quality measurement data based on acoustic objective parameters. The data then goes through the analysis stage to determine the acoustic performance of the mosque, and an optimization stage is carried out using the I-SIMPA simulation software if the performance is found to be non-optimal.

The results showed that the acoustic performance of the mosque was still below the standard, both based on the sound distribution and the acoustic quality of the inner room itself. It was concluded that the acoustic performance of the space in the mosque is influenced by the porous building envelope and also the use of the mosque's sound system. The optimization stage is carried out by simulating the acoustical performance on I-SIMPA simulation software, by modifying the material as needed.

Keywords: Acoustic Performance, Al-Irsyad Mosque, Kota Baru Parahyangan, Objective Parameters, Porous Walls, I-SIMPA Simulation.

OPTIMASI KINERJA AKUSTIK MASJID AL-IRSYAD SATYA KOTA BARU PARAHYANGAN

¹Nabila Rachmasari P., ²Irma Subagio, S.T., M.T.

¹Mahasiswa S1 Program Studi Arsitektur Universitas Katolik Parahyangan

²Dosen Pembimbing S1 Program Studi Arsitektur Universitas Katolik Parahyangan

Abstrak - Masjid merupakan tempat ibadah umat muslim. Aktivitas yang diselenggarakan di masjid terdiri dari ibadah shalat berjamaah, khutbah, pengajian, pernikahan dan diskusi. Aktivitas-aktivitas tersebut merupakan kegiatan yang membutuhkan kejelasan suara sehingga akustik di dalam masjid menjadi penting. Masjid Al-Irsyad Kota Baru Parahyangan merupakan masjid rancangan Urbane yang memiliki rancangan dinding berpori dengan pertimbangan penghawaan alami yang baik. Namun, dinding berpori pada masjid dapat berpotensi untuk menurunkan kualitas kinerja akustik yang terjadi di ruang dalam. Sehingga, Masjid Al-Irsyad Kota Baru Parahyangan menjadi menarik untuk diteliti kinerja akustiknya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja akustik pada Masjid Al-Irsyad Kota Baru Parahyangan berdasarkan parameter objektif, dan upaya apa yang dapat dilakukan untuk mengoptimasi kinerja akustik tersebut jika ditemukan belum optimal.

Penelitian menggunakan metode penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif dilakukan dengan cara melakukan studi pustaka untuk mengetahui teori-teori mengenai akustik masjid, dan observasi lapangan untuk pengumpulan data, serta pengukuran di lapangan untuk mengetahui performa akustik masjid. Data yang dikumpulkan adalah data pengukuran kualitas akustik berdasarkan parameter objektif akustik. Data kemudian

¹Corresponding Author: 6111801201@student.unpar.ac.id

melalui tahap analisis untuk mengetahui performa akustik masjid, dan dilakukan tahap optimasi menggunakan perangkat lunak simulasi I-SIMPA jika performa didapatkan belum optimal.

Hasil penelitian didapatkan performa akustik masjid masih berada di bawah standar, baik berdasarkan distribusi suara maupun kualitas akustik ruang dalam itu sendiri. Diperoleh kesimpulan bahwa kinerja akustik ruang dalam masjid dipengaruhi oleh selubung bangunan yang berpori dan juga penggunaan sistem tata suara masjid. Tahap optimasi dilakukan dengan simulasi perangkat lunak I-SIMPA, dengan memodifikasi material sesuai kebutuhan.

Kata Kunci: Kinerja Akustik, Masjid Al-Irsyad Kota Baru Parahyangan, Parameter Objektif, Selubung Berpori, Simulasi I-Simpa.

1. PENDAHULUAN

Masjid merupakan tempat beribadah umat muslim yang memiliki fungsi utama untuk menunaikan ibadah shalat. Selain sebagai tempat ibadah, Masjid juga dominan digunakan untuk kegiatan yang berhubungan dengan suara seperti dakwah, diskusi, pengajian, khutbah, dan pernikahan. Hampir seluruh aktivitas yang dilaksanakan di masjid merupakan aktivitas yang audio sentris. Oleh karena itu, aspek akustik harus diperhatikan.

Masjid Al-Irsyad Kota Baru Parahyangan merupakan salah satu masjid yang menerapkan *breathable wall* pada selubung bangunannya. Masjid Al-Irsyad dibangun pada tahun 2010 dan merupakan salah satu masjid yang memiliki desain modern. Masjid Al-Irsyad terkenal dengan rancangannya yang memiliki bentuk dasar kubus tanpa kubah, yang merupakan bentuk tradisional dari masjid pada umumnya. Masjid Al-Irsyad juga terkenal dengan suasana ruang dalam yang sejuk, karena penghawaan alami yang terjadi berkat elemen selubung bangunan berpori dan elemen air di dalam ruangan, sebuah hasil dari rancangan desain pasif yang baik.

Rancangan Masjid Al-Irsyad memperhatikan kenyamanan termal dan visual dengan baik. Namun rancangan yang mendukung terjadinya penghawaan alami membutuhkan selubung bangunan dengan *breathable wall* atau bukaan yang berpotensi untuk mengganggu kinerja akustik di dalam ruang masjid. Padahal, aktivitas masjid terdiri dari kegiatan yang membutuhkan kualitas akustik yang baik. Kualitas audial di dalam masjid cukup penting, bahkan lebih penting dibandingkan kualitas termal dan visual (Joko, 2010). Masjid Al-Irsyad dinilai memiliki rancangan yang baik jika dinilai dari segi pengendalian termal dan visualnya, sedangkan kualitas audialnya belum diteliti lebih lanjut. Dengan demikian, kinerja akustik Masjid Al-Irsyad Kota Baru Parahyangan menarik untuk diteliti.

2. KAJIAN TEORI

Akustik merupakan ilmu tentang tata suara, dan keseluruhan efek-efek yang ditimbulkan oleh suara tersebut terhadap para penikmatnya. Akustik arsitektur merupakan teknologi merancang ruangan, struktur dan konstruksi dari sebuah ruang tertutup, dan sistem mekanikal pendukungnya yang bertujuan meningkatkan kualitas akustik tersebut (pidato/musik, atau keduanya, di dalam suatu ruangan yang sama). Akustik membahas mengenai perilaku bunyi, serta parameter-parameter akustik itu sendiri baik berupa parameter objektif maupun subjektif.

2.1 Perilaku Bunyi

Secara umum jika suatu berkas bunyi/suara (*noise source*) jatuh pada permukaan sebuah benda, bunyi/suara tersebut pasti akan mengalami 3 peristiwa, yaitu :

- Refleksi bunyi (*sound reflection*)
- Absorpsi (penyerapan) bunyi (*sound absorption*) dan,
- Transmisi bunyi (*sound transmission*)

Ketiga peristiwa tersebut merupakan gejala umum yang dapat terjadi dalam sebuah ruang akustik. Peristiwa-peristiwa tersebut dapat bermanfaat, namun juga dapat merugikan dan perlu dihindari, dalam pengendalian audial bagi akustik ruangan.

2.2 Parameter Objektif Akustik

Dalam evaluasi kinerja akustik suatu ruang, parameter objektif dapat digunakan untuk menentukan kualitas audial ruang tersebut. Parameter objektif merupakan parameter-parameter pengukuran yang ditentukan secara matematis dengan perhitungan dari data-data yang didapatkan melalui uji coba di lapangan atau berdasarkan perhitungan teoritis. Beberapa parameter objektif yaitu waktu dengung, kebisingan ruang, *sound pressure level*, *definition*, dan *clarity*.

- **Waktu Dengung (*Reverberation Time*)**

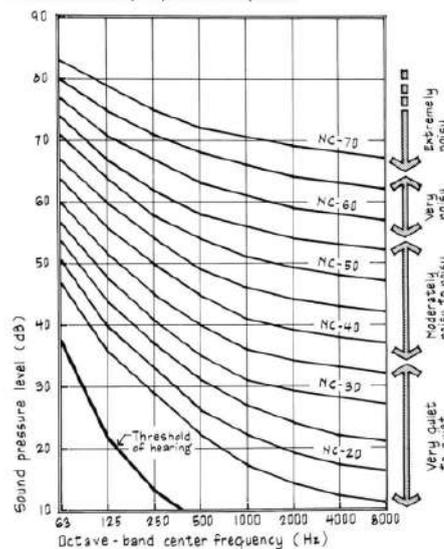
Waktu dengung atau *reverberation time* merupakan waktu yang dibutuhkan oleh bunyi untuk berkurang sebanyak 60 dB sejak bunyi tersebut berhenti dibunyikan. Parameter kenyamanan audial ruang berdasarkan waktu dengung tergantung pada kegunaan atau fungsi dari ruang itu sendiri, apakah ruang tersebut diperuntukan untuk musik atau pidato/speech.

- **Kebisingan Ruang**

Kebisingan ruang merupakan tingkat kebisingan suatu area yang diukur menggunakan pengukuran *Noise Criteria* (NC). Kebisingan suatu ruang memiliki satuan desibel (dB). Umumnya, telinga manusia nyaman mendengar suara dengan tingkat kebisingan sekitar 40 dB. Setiap ruang dengan fungsi berbeda memiliki standar noise criteria yang berbeda pula.

- **Sound Pressure Level (SPL)**

Sound Pressure Level merupakan tingkat tekanan bunyi yang terjadi akibat adanya perubahan tekanan dalam udara yang disebabkan adanya perambatan gelombang bunyi. *Sound Pressure Level* memiliki satuan desibel (dB). *Sound Pressure Level* dapat diukur menggunakan alat ukur *Sound Level Meter*. Pengukuran *Sound Pressure Level* juga menggunakan pengukuran *Noise Criteria* dengan standar kenyamanan sebagai berikut :



Gambar 1. Grafik *Noise Criteria* untuk SPL.
(Sumber : Egan, 1941)

- **Definition (D50)**

Definition merupakan parameter untuk mengukur kualitas kejelasan berbicara di dalam suatu ruang. Perhitungan dilakukan dengan membandingkan energi suara pada 0-50 detik pertama dengan energi suara pada 0-tak hingga. Kejelasan suara dinilai baik bila nilai $D_{50} > 50\%$

$$D_{50} = \left(\frac{E_{50}}{E_{\infty}} \right) \%$$

$$D_{50} > 50\% \quad \text{SPEECH}$$

- **Clarity (C50/C80)**

Clarity merupakan pengukuran energi dalam perhitungan logaritmik antar perbandingan energi suara pada 0-50 detik pertama dengan energi suara pada detik 50-tak terhingga. Angka tersebut kemudian dikonversikan menjadi satuan desibel (dB). Terdapat 2 standar *clarity* yang berbeda yaitu C50 untuk perhitungan *speech*/pidato yang memiliki standar -2dB dan C80 untuk perhitungan musik yang memiliki standar -3dB.

$$C_{50} = 10 \log \left(\frac{E_{50}}{E_{\infty} - E_{50}} \right) \text{ dB}$$

$$C_{80} \geq -3 \text{ dB} \quad \text{MUSIC}$$

$$C_{50} \geq -2 \text{ dB} \quad \text{SPEECH}$$

2.3 Aspek Penting Perancangan Akustik Masjid

Dalam klasifikasi ruang secara akustik, Masjid umumnya dikategorikan sebagai ruang pidato/*speech*. Namun, dalam praktiknya, masjid tidak dapat dikategorikan hanya sebagai ruang pidato saja, karena terdapat kebutuhan akustik subjektif berupa gema ruangan yang secara subjektif dapat menambah “keagungan” dari suara yang dihasilkan di dalam masjid sebagai tempat peribadatan. Sehingga, dibutuhkan penyesuaian dari standar yang dijadikan acuan dalam perhitungan kinerja akustik masjid.

Menurut Joko, mengingat permasalahan di atas, terdapat 4 aspek penting yang harus diingat dalam perancangan akustik masjid, yaitu :

- Arah sumber suara
- Masjid sebagai tempat berkomunikasi
- Masjid sebagai tempat beribadah
- Seberapa keras dan merata sumber terdengar

2.4 Peran Sistem Tata Suara terhadap Kinerja Akustik Masjid

Sistem tata suara merupakan aspek yang tidak lepas dari kinerja akustik masjid. Sistem tata suara adalah sistem terintegrasi dari masukan atau input suara (mikrofon atau rekaman) sampai suara dikeluarkan oleh *speaker* (Joko, 2021). Dalam perancangan akustik masjid, rancangan tata ruang harus mencapai kondisi yang baik sebelum dioptimalkan oleh sistem tata suara yang baik pula. Sebagus apapun sistem tata suara yang digunakan, tidak akan mampu memperbaiki ruang yang memiliki kualitas akustik yang memang buruk dari segi rancangan.

Secara umum, sistem tata suara terbagi menjadi 3 komponen yaitu komponen *input*, pengkondisi sinyal dan *output*.



Gambar 2. Skema Sistem Tata Suara secara Umum
(Sumber : Joko, 2021)

3. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan merupakan Penelitian Kuantitatif yang dilakukan dengan metode observasi dan pengukuran di lapangan, serta simulasi akustik menggunakan perangkat lunak I-SIMPA sebagai perangkat pendukung untuk tahap optimasi kinerja akustik ruang.

3.1 Teknik Pengumpulan Data

- **Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan untuk menjadi panduan berupa landasan teori yang berkaitan dengan topik yang dibahas dalam penelitian.

- **Observasi dan Pengukuran Lapangan**

Pengukuran lapangan dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama adalah pengukuran ruang dalam menggunakan program *Real Time Analyzer* dengan menggunakan sumber bunyi berupa *speaker omnidirectional*. *Speaker omnidirectional* ini berperan sebagai sumber suara untuk mengukur kinerja akustik secara murni. Tahap kedua merupakan pengukuran ruang dalam menggunakan program *Real Time Analyzer* dengan sistem tata suara masjid. Sehingga dapat dibandingkan kinerja akustik masjid secara murni dan dengan menggunakan bantuan dari speaker masjid eksisting. Dari kedua tahap pengukuran didapatkan data-data sebagai berikut :

- a. Data Distribusi Bunyi (*Noise Distribution*)
- b. Data Waktu Dengung (*Reverberation Time*)
- c. Data C50 (*Clarity*) dan D50 (*Definition*)

3.2 Teknik Analisis Data

- **Analisis Distribusi Suara dalam Ruang**

Data yang digunakan untuk analisis distribusi suara dalam ruang diperoleh dari hasil pengukuran lapangan menggunakan perangkat lunak *Real Time Analyzer* dengan metode *FFT Analyzer*.

- **Analisis Parameter Akustik Ruang**

Data yang digunakan untuk analisis parameter akustik ruang didapatkan dari pengukuran dengan metode *Respon Impuls*. Data yang didapatkan berupa data Waktu Dengung (*Reverberation Time*), C50 (*Clarity*), dan D50 (*Definition*). Ketiga data tersebut dianggap dapat menjadi parameter untuk menentukan tingkat kualitas akustik di dalam Masjid Al-Irsyad Satya.

- **Analisis Peranan Sistem Tata Suara**

Analisis peranan sistem tata suara didapatkan dari pengukuran yang menggunakan sistem tata suara sebagai sumber suaranya. Hasil pengukuran ini dapat dibandingkan dengan pengukuran yang menggunakan *speaker omnidirectional* agar dapat diketahui apakah sistem tata suara sudah optimal atau justru malah merusak kualitas akustik ruang tersebut.

3.3 Prosedur dan Instrumen Penelitian

- **Observasi Lapangan**

Observasi lapangan dilakukan untuk mengamati kondisi eksisting pada ruang dalam Masjid Al-Irsyad Satya. Pada tahap observasi lapangan ini dilakukan

identifikasi jenis material pelingkup dinding, lantai, dan plafon interior untuk kebutuhan simulasi perangkat lunak I-SIMPA. Data jenis material dibutuhkan untuk penentuan nilai koefisien serap masing-masing material tersebut.

- **Pengukuran Parameter Akustik Ruang**

Pengukuran parameter akustik ruang kemudian dilakukan untuk mendapatkan data kondisi kinerja akustik di lapangan. Pengukuran menggunakan perangkat lunak *Real Time Analyzer* dengan metode *FFT Analyzer* untuk mendapat data distribusi suara, dan *Respon Impuls* untuk mendapat data RT, C50 dan D50.

Real Time Analyzer merupakan sebuah perangkat lunak yang berguna untuk mengukur kualitas audial suatu ruang dengan berbagai metode seperti metode *FFT Analyzer* dan *Respon Impuls* untuk mendapat berbagai macam data berupa data RT, EDT, D50, C50, C80, dan lain lain.

Pengukuran menggunakan perangkat lunak *Real Time Analyzer* membutuhkan beberapa perangkat pendukung sebagai berikut :

- a. *Omnidirectional Speaker*
- b. *Amplifier*
- c. *Array Microphone*
- d. *Calibrator*
- e. *Sound Card*

- **Simulasi I-SIMPA**

I-SIMPA merupakan perangkat lunak yang berfungsi untuk melakukan simulasi akustik terhadap suatu model 3D ruangan. I-SIMPA dapat digunakan untuk simulasi akustik ruang terutama dalam ranah pendidikan. Simulasi digunakan untuk membantu proses penelitian, tepatnya untuk membantu penentuan optimalisasi.

Secara sederhana, simulasi pada perangkat lunak I-SIMPA dilakukan dengan cara mengunggah model 3D suatu ruang dan mengatur koefisien-koefisien yang dibutuhkan untuk perhitungan simulasi.

4. ANALISIS

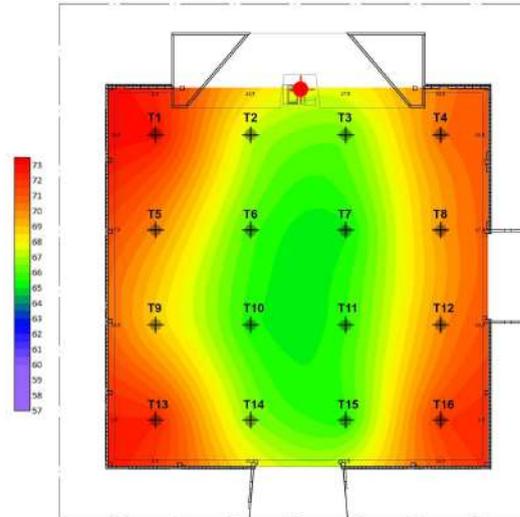
Analisis dilakukan berdasarkan distribusi suara dan kualitas akustik di dalam ruang. Distribusi suara dianalisa berdasarkan hasil pengukuran SPL, sedangkan kualitas akustik dianalisa berdasarkan hasil pengukuran waktu dengung, C50 dan D50. Kedua hasil tersebut dibandingkan berdasarkan sumber suara berbeda, yaitu *speaker omnidirectional* dan *speaker masjid eksisting*.

4.1 Analisis Distribusi Bunyi dalam Ruang

- ***Sound Pressure Level (SPL)***

Sound Pressure Level dapat digunakan untuk mengetahui tingkat tekanan suara dalam ruang. Pengukuran tingkat tekanan suara dilakukan pada 16 titik ukur untuk mengetahui kondisi pemerataan suara di dalam ruang. Suara yang terdengar di dalam ruang dianggap merata bila memiliki selisih nilai kurang dari sama dengan 5 dB.

- a. **SPL Masjid**

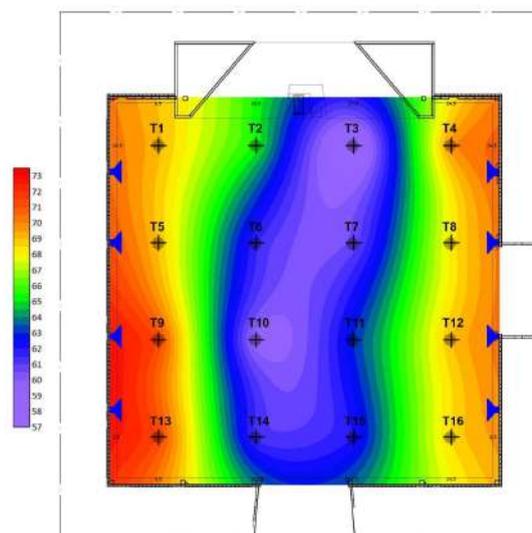


Gambar 3. Pemetaan Hasil Pengukuran Distribusi SPL Masjid

Berdasarkan gambar pemetaan nilai SPL, dapat dilihat tingkat suara yang semakin tinggi pada sisi kanan dan kiri masjid. Padahal sumber suara berada di posisi imam, sehingga seharusnya SPL lebih tinggi pada bagian tengah masjid. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat kemungkinan kebocoran suara dari luar melalui selubung bangunan, sehingga meningkatkan tekanan suara pada bagian samping dan belakang bangunan. Sehingga dapat disimpulkan distribusi bunyi pada ruang dalam masjid dengan sumber suara langsung belum merata sepenuhnya.

b. SPL Speaker Masjid (Sistem Tata Suara Eksisting)

Pengukuran SPL juga dilakukan dengan *white noise* yang bersumber dari *speaker* masjid eksisting, untuk mengetahui pemerataan distribusi suara yang dihasilkan oleh sistem tata suara. Berikut pemetaan hasil pengukuran di ke-16 titik.



Gambar 4. Pemetaan Hasil Pengukuran Distribusi SPL Masjid dengan Speaker

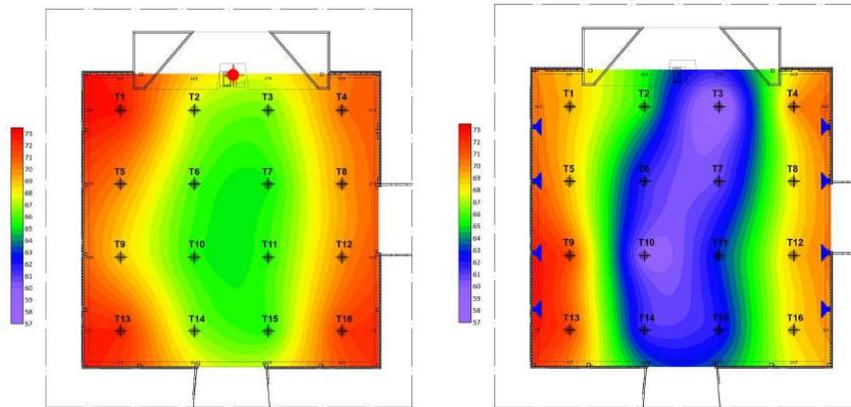
Berdasarkan gambar pemetaan SPL, dapat dilihat nilai SPL dengan speaker secara keseluruhan lebih rendah daripada nilai SPL murni. Nilai SPL semakin rendah pada bagian tengah masjid. Hal ini mungkin terjadi akibat peletakan *speaker* masjid pada dinding-dinding samping. Selain itu, nilai SPL yang lebih rendah mungkin

terjadi akibat kebocoran suara keluar melalui selubung, sehingga suara yang keluar dari *speaker* masjid diserap oleh selubung berpori bangunan.

Secara pemerataan, distribusi SPL pada ruang dalam belum merata karena terdapat banyak titik yang memiliki selisih lebih dari sama dengan 5 dB. Sehingga suara yang didengar oleh penerima akan berbeda-beda pada tiap titiknya.

c. Perbandingan Distribusi Suara dengan dan Tanpa Sistem Tata Suara

Berdasarkan hasil pengukuran, ditemukan distribusi nilai SPL pada ruang dalam belum merata, baik dalam pengukuran dengan secara murni maupun dengan sistem tata suara masjid. Perbedaan nilai tingkat SPL di tiap titik pengukuran memiliki perbedaan lebih dari sama dengan 5 dB. Ditemukan pola ketidakmerataan nilai SPL pada titik-titik yang dekat dengan selubung bangunan berpori. Pada area yang mendekati dinding selubung masjid, suara akan terdengar lebih keras dibandingkan pada di bagian tengah masjid. Berdasarkan pola tersebut dapat disimpulkan selubung berpori mempengaruhi distribusi suara. Selubung berpori menyebabkan bising dari luar masuk ke dalam dan begitu pula sebaliknya.



Gambar 5. Pemetaan Hasil Perbandingan Nilai SPL dengan dan tanpa speaker

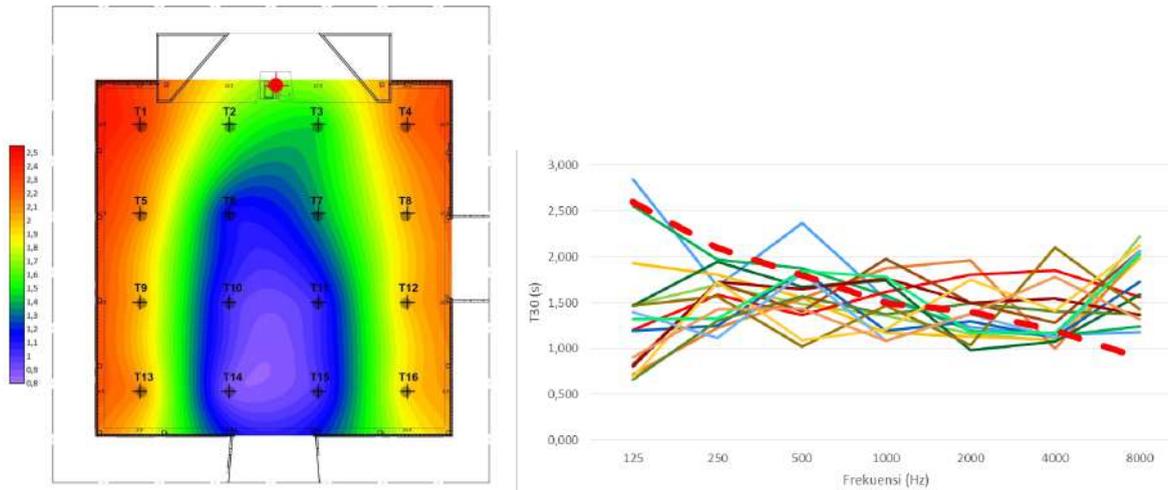
4.2 Analisis Kualitas Akustik dalam Ruang

• Waktu Dengung (T30)

Waktu dengung merupakan parameter akustik yang diukur untuk menentukan kualitas akustik dalam masjid. Semakin tinggi waktu dengung, maka semakin lama suara berada di dalam ruangan. Pada waktu dengung didapatkan melalui pengukuran dengan metode Respons Impuls pada perangkat lunak *Real Time Analyzer*. Dalam pengukuran waktu dengung pada penelitian ini parameter yang digunakan adalah T30, yaitu waktu yang digunakan untuk tingkat suara turun sebanyak 30 dB.

a. Waktu Dengung Masjid

Berikut merupakan data pemetaan nilai waktu dengung di ke-16 titik pengukuran menggunakan *speaker omnidirectional*.



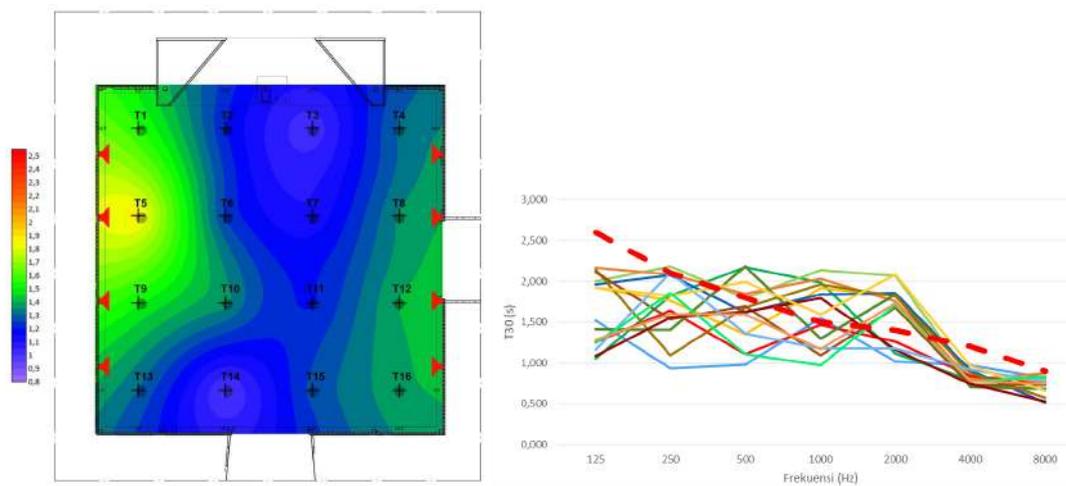
Gambar 6. Hasil Pengukuran Waktu Dengung Masjid

Dari pemetaan waktu dengung dapat dilihat penyebaran waktu dengung di tiap yang memiliki rentang 0,5-2,5 detik. Titik-titik pengukuran di bagian samping masjid yang jauh dari letak sumber suara langsung (imam) memiliki waktu dengung yang cenderung lebih tinggi, dengan titik tertinggi pada titik 13 dan 16. Sehingga semakin jauh letak pendengar dari sumber suara, maka waktu dengungnya akan semakin tinggi.

Berdasarkan diagram dapat dilihat waktu dengung masing-masing titik pengukuran yang cenderung tidak stabil. Pada diagram terdapat garis merah yang merupakan standar waktu dengung masjid (Abdou, 2014) pada rentang frekuensi 125 hingga 8000 Hz, di mana semakin tinggi frekuensi maka semakin rendah waktu dengungnya. Namun dari hasil pengukuran, hanya titik 1-4 pada baris pertama yang mendekati standar. Pada baris ke 2, 3 dan 4 waktu dengung pada frekuensi rendah justru bernilai rendah, dan frekuensi tinggi justru bernilai tinggi. Pada seluruh titik pengukuran, frekuensi tengah (250-1000 Hz) sebagian mendekati dengan standar, namun sebagian lainnya tidak stabil dan fluktuatif. Sehingga dapat disimpulkan waktu dengung ruang dalam masjid masih belum memenuhi standar.

b. Waktu Dengung Speaker Masjid (Sistem Tata Suara)

Berikut merupakan data pemetaan hasil pengukuran di ke-16 titik menggunakan speaker eksisting masjid.



Gambar 7. Hasil Pengukuran Waktu Dengung Masjid dengan Speaker

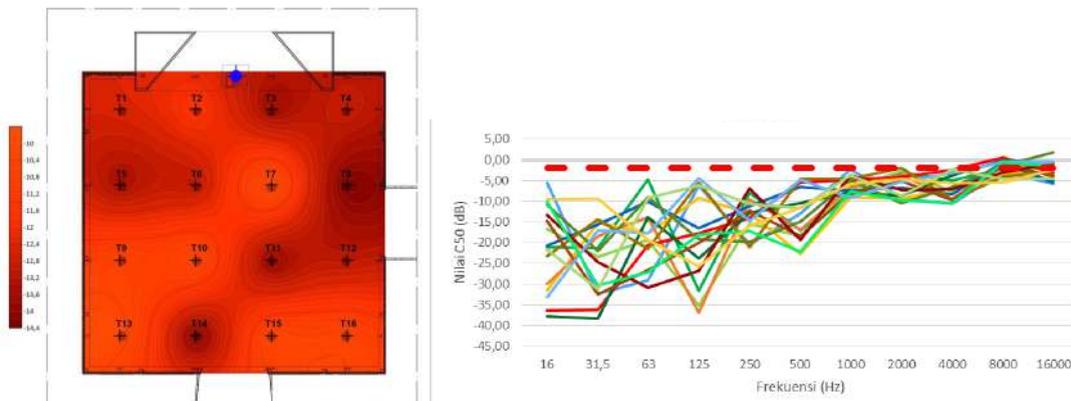
Dari pemetaan hasil pengukuran waktu dengung menggunakan *speaker* masjid, ditemukan penyebaran nilai waktu dengung yang lebih merata. Mayoritas titik pengukuran memiliki waktu dengung sebesar 1-1,5 detik, menandakan waktu dengung menjadi semakin pendek ketika menggunakan sistem tata suara masjid dibandingkan dengan suara langsung (*speaker omnidirectional*).

Berdasarkan diagram di atas, ditemukan waktu dengung pada frekuensi 2000 Hz di semua titik seluruhnya memenuhi standar. Waktu dengung pada frekuensi tinggi (4000-8000H Hz) hampir memenuhi standar. Namun pada frekuensi rendah (125-250 Hz), nilai waktu dengung seluruhnya berada di bawah standar. Frekuensi tengah (500-1000 Hz) pada seluruh titik juga tidak stabil, waktu dengung di sebagian titik ukur berada di atas standar, sedangkan sebagian lainnya berada di bawah standar.

- **Clarity (C50)**

Nilai C50 didapatkan melalui pengukuran dengan metode Respons Impuls pada perangkat lunak *Real Time Analyzer*. Nilai C50 merupakan nilai kejelasan suara berbicara manusia dalam aktivitas pidato yang memiliki standar lebih besar atau sama dengan -2 dB. Semakin rendah nilai C50, maka semakin tinggi pula waktu dengung ruangan.

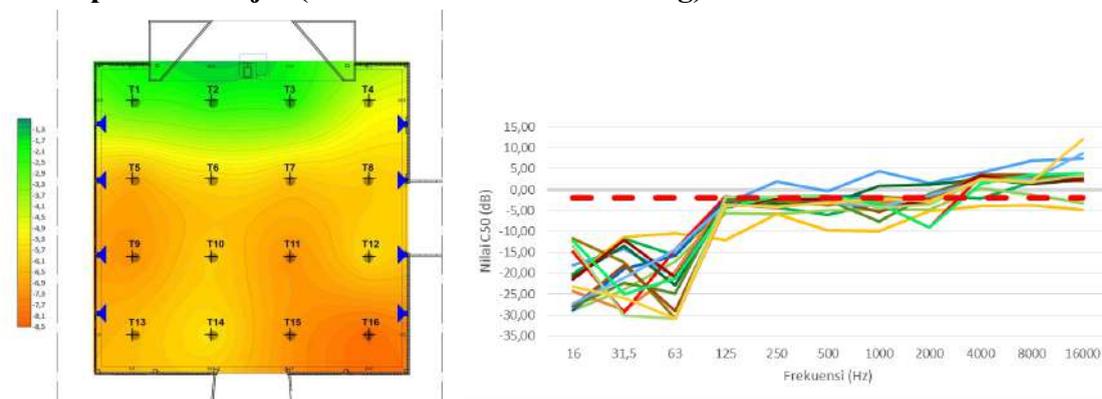
a. **Nilai C50 Masjid**



Gambar 8. Hasil Pengukuran Nilai C50 Masjid

Berdasarkan gambar pemetaan dan diagram di atas, ditemukan nilai C50 yang beragam dengan rentang -8 dB hingga -15 dB. Nilai ini cukup jauh dari standar nilai clarity untuk pidato yang bernilai lebih besar sama dengan -2 dB. Nilai C50 semakin meningkat pada frekuensi tinggi, namun hanya sebagian titik yang mencapai nilai -2 dB. Sedangkan pada frekuensi rendah, nilai C50 cenderung tidak stabil dan fluktuatif.

b. **C50 Speaker Masjid (Sistem Tata Suara Eksisting)**



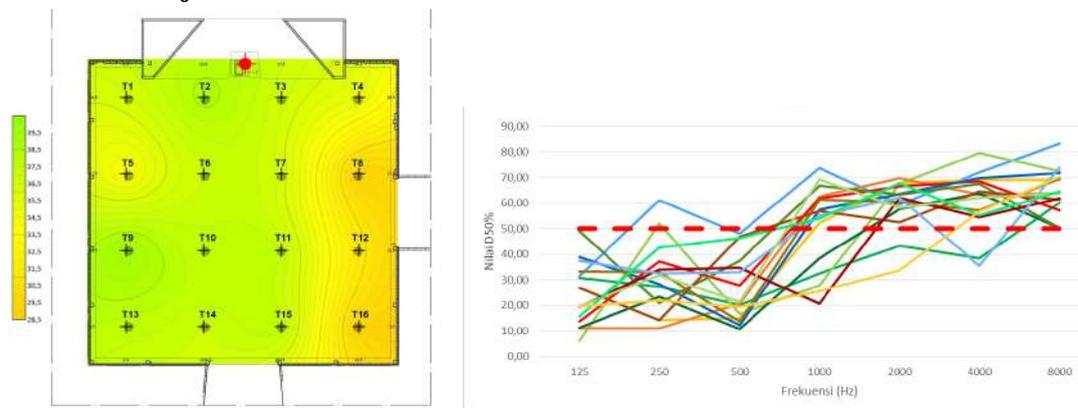
Gambar 9. Hasil Pengukuran Nilai C50 Masjid dengan Speaker

Berdasarkan pemetaan dan diagram di atas, dapat dilihat bahwa nilai C50 yang diukur menggunakan *speaker* masjid lebih tinggi. Nilai C50 pada frekuensi rendah tidak stabil, namun dimulai dari frekuensi 125 Hz nilai C50 mulai mendekati dengan standar. Semakin tinggi frekuensi nilai C50 juga semakin baik, kecuali pada titik 4 yang berada sedikit di bawah standar.

● **Definition (D50)**

D50 (*Definition*) merupakan parameter untuk mengukur kejelasan artikulasi suara pada aktivitas pidato. Nilai D50 didapatkan melalui pengukuran dengan metode Respons Impuls yang sama dengan pengukuran nilai C50, dengan *speaker omnidirectional* dan sistem tata suara masjid sebagai sumber suara. Nilai D50 memiliki rentang standar 45% hingga 80% (bagus hingga sangat bagus). Semakin besar nilai D50, maka semakin jelas artikulasi suara yang terjadi pada aktivitas pidato di dalam ruangan.

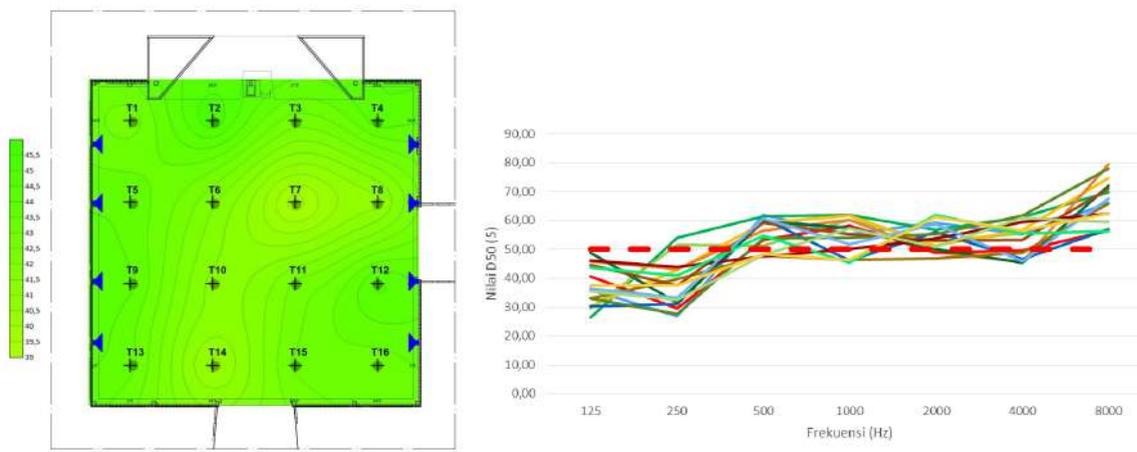
a. **Nilai D50 Masjid**



Gambar 10. Hasil Pengukuran Nilai D50 Masjid

Berdasarkan pemetaan dan diagram di atas, dapat dilihat bahwa penyebaran nilai D50 dalam ruangan cenderung merata, yang didominasi dengan warna kuning (cukup baik). Namun nilai D50 tidak stabil jika dilihat dari rentang frekuensinya. Pada frekuensi 125 hingga 1000 Hz, nilai D50 cenderung sangat buruk. Sedangkan pada frekuensi 2000 hingga 8000 Hz, nilai D50 cenderung baik bahkan sangat baik, kecuali pada titik T2, T13 dan T16. Namun secara garis besar, nilai D50 di keseluruhan ruang masih berada di bawah standar 50%.

b. **Nilai D50 Masjid dengan Speaker**

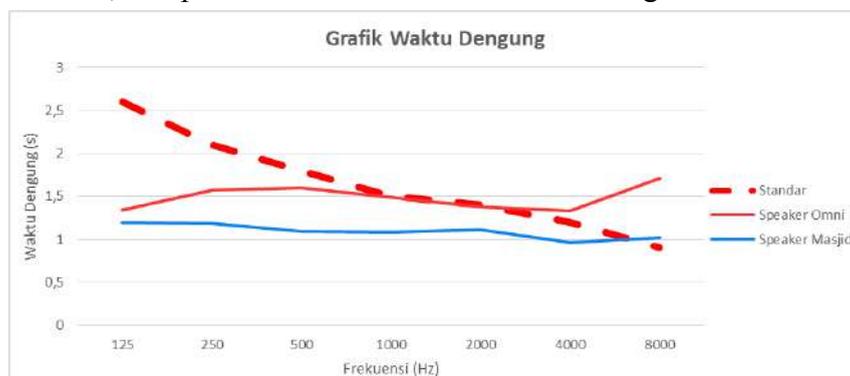


Gambar 11. Hasil Pengukuran Nilai C50 Masjid dengan Speaker

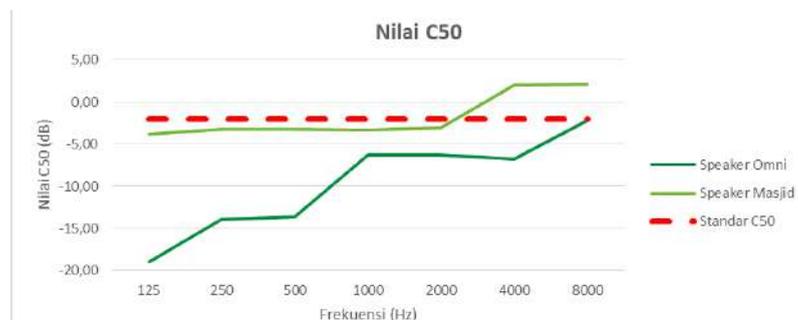
Berdasarkan pemetaan dan diagram di atas, dapat dilihat bahwa nilai D50 yang diukur menggunakan speaker masjid cenderung lebih stabil. Pada pemetaan lebih banyak ditemukan warna hijau yang menandakan nilai D50 dalam ruang baik. Jika dilihat dari rentang frekuensinya, hampir seluruh titik memenuhi standar mulai dari frekuensi 500 hingga 8000 Hz, kecuali titik T11. Pada frekuensi 125 hingga 250 Hz, nilai D50 cenderung sangat buruk.

4.3 Perbandingan Kualitas Akustik Masjid dengan dan Tanpa Sistem Tata Suara

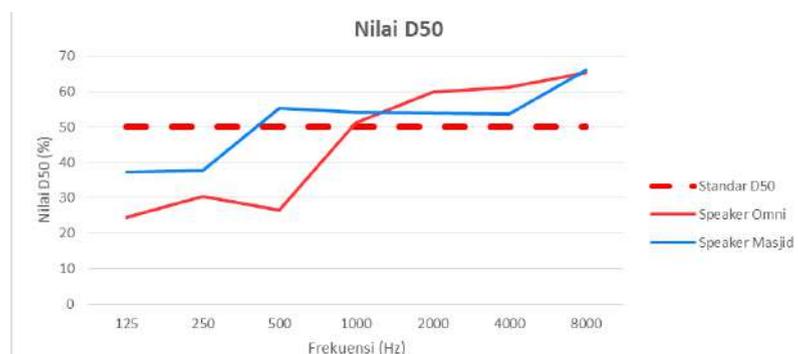
Pengukuran kualitas akustik masjid telah dilakukan dengan dua sumber suara berbeda yaitu dengan menggunakan *speaker omnidirectional* yang berperan sebagai suara langsung, dan menggunakan *speaker masjid* sebagai sistem tata suara eksisting. Dari pengukuran dengan kedua sumber, didapatkan kondisi kualitas akustik sebagai berikut.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Nilai Waktu Dengung Masjid dengan dan Tanpa Speaker



Gambar 13. Grafik Perbandingan Nilai C50 Masjid dengan dan Tanpa Speaker



Gambar 14. Grafik Perbandingan Nilai D50 Masjid dengan dan Tanpa Speaker

Pada grafik waktu dengung, dapat dilihat waktu dengung suara langsung lebih tinggi daripada waktu dengung yang menggunakan *speaker masjid*. Waktu dengung dengan kedua sumber suara berada di bawah standar. Kecuali pada frekuensi 4000 Hz pada suara langsung dan frekuensi 8000 Hz pada *speaker masjid*. Hal ini menandakan kualitas waktu dengung masjid memang belum baik, namun penggunaan *speaker masjid* justru malah memperpendek waktu dengungnya. Sehingga kualitas suara akan terdengar kurang bergema. Padahal akustik masjid membutuhkan cukup gema untuk membuat suara mampu terdengar lebih indah dan berunsur ketuhanan.

Nilai C50 dan D50 pada grafik terlihat membaik dan semakin mendekati standar setelah menggunakan *speaker masjid*. Hal ini selaras dengan waktu dengung yang rendah, sehingga membuat kejernihan dan kejelasan suara pidato menjadi semakin baik kualitasnya. Namun penggunaan *speaker masjid* pun hanya mampu menaikkan nilai C50 dan D50 sebagian.

Dari data yang telah dipaparkan dapat disimpulkan kualitas akustik ruang dalam masjid Al-Irsyad masih belum memenuhi standar, dan penggunaan *speaker masjid* juga belum mampu mengoptimalkan kualitas akustik tersebut. Waktu dengung masjid pada frekuensi rendah harus ditingkatkan, sedangkan pada frekuensi tinggi harus dikurangi. Nilai C50 harus ditingkatkan lagi kecuali pada frekuensi tinggi, dan Nilai D50 harus ditingkatkan pada frekuensi rendah.

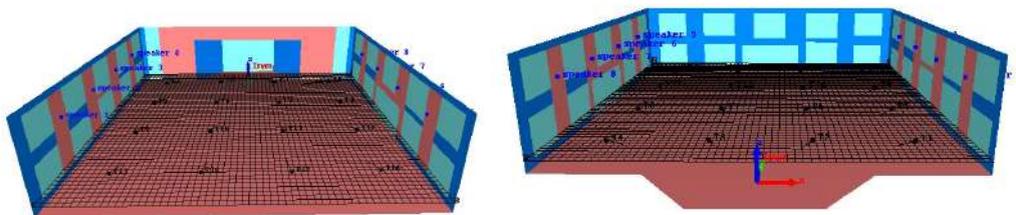
4.4. Optimasi Kinerja Akustik melalui Simulasi I-SIMPA

Berdasarkan data yang telah dipaparkan dapat disimpulkan kinerja akustik ruang dalam masjid Al-Irsyad masih belum memenuhi standar, baik dari aspek pemerataan suara maupun kualitas akustik ruangan. Penggunaan *speaker masjid* eksisting pun belum mampu mengoptimalkan kinerja akustik tersebut. Sehingga perlu dilakukan optimasi terhadap kinerja akustik ruang. Aspek-aspek yang harus ditingkatkan yaitu :

- Kemerataan SPL pada ruang harus ditingkatkan. Perbedaan nilai SPL di tiap titik harus kurang dari sama dengan 5 dB.
- Waktu dengung ruang pada frekuensi rendah harus ditingkatkan, sedangkan pada frekuensi tinggi harus dikurangi.
- Nilai C50 dan D50 harus ditingkatkan lagi pada frekuensi rendah.

Optimasi kinerja akustik ruang pada aspek-aspek tersebut dapat dilakukan dengan memodifikasi material yang digunakan pada pelingkup ruang dalam, lebih tepatnya dengan menyesuaikan material yang bersifat absorptif dan material yang bersifat reflektif. Untuk mencapai kondisi optimal, dapat dilakukan uji coba kinerja akustik ruang melalui simulasi dengan perangkat lunak I-SIMPA.

Simulasi pada penelitian ini dibatasi dengan memodifikasi hanya bagian dinding saja. Material lantai dan plafon dibuat sama seperti eksisting. Setelah melalui beberapa kali percobaan, ditemukan konfigurasi material dinding yang paling memungkinkan untuk mencapai kinerja akustik optimal sebagai berikut :



Gambar 15. Model Masjid dengan Konfigurasi Material Optimal

Tabel 1. Koefisien Serap Material Pelingkup Masjid yang dioptimasi

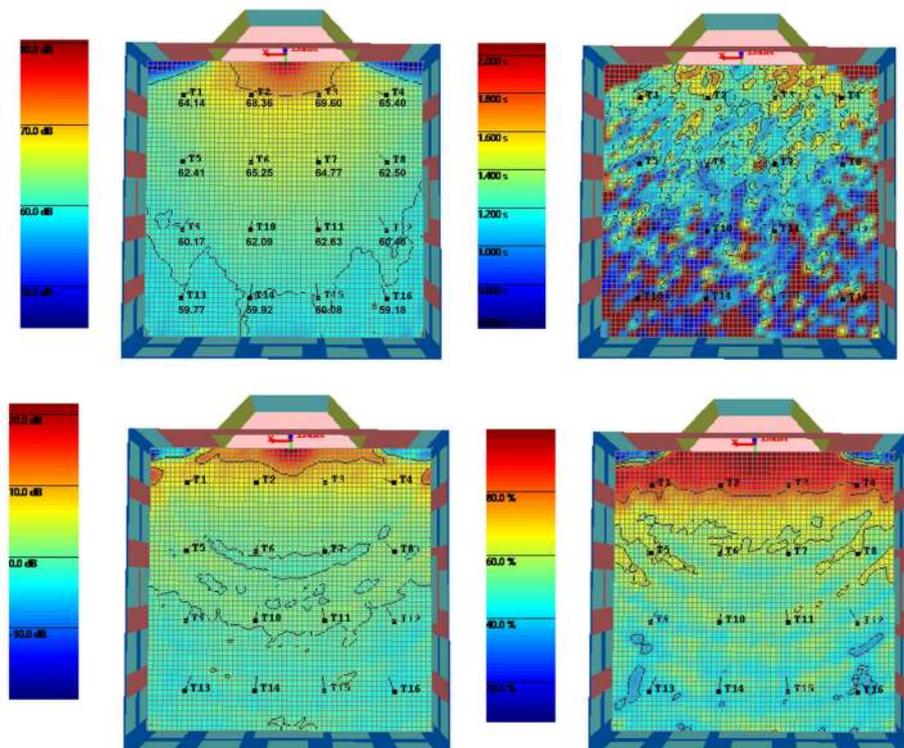
Material / Tingkat Frekuensi	Koefisien Serap					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	5000 Hz
Gypsum Board	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Karpet Biasa	0.10	0.14	0.20	0.33	0.50	0.60
Dinding Kerawang (Terbuka)	1	1	1	1	1	1
Panel Kayu Vinyl	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
Sound Absorbing Panel	0.08	0.24	0.57	0.69	0.71	0.73

Sumber : Leslie,Doelle (1993)

Pada konfigurasi ini diterapkan material *sound absorbing panel* pada dinding yang terpasang *speaker* masjid, dan pada dinding bagian barat. Sedangkan material panel kayu *vinyl* dipasang pada dinding samping dan belakang masjid. Material *sound absorbing panel* pada bagian depan dan titik-titik *speaker* bertujuan untuk menyerap suara berlebih dari sumber suara itu sendiri, baik sumber suara langsung maupun *speaker* masjid eksisting, agar suara yang dihasilkan ke ruangan dapat lebih merata. Sedangkan material kayu *vinyl* bertujuan untuk mengontrol waktu dengung dan menyeimbangkan keberadaan material karpet pada lantai dan *gypsum board* pada plafon. Persentase perbandingan material *sound absorbing panel* dan *vinyl* pada konfigurasi ini berkisar 40% banding 60%.

a. Hasil Simulasi Suara Murni

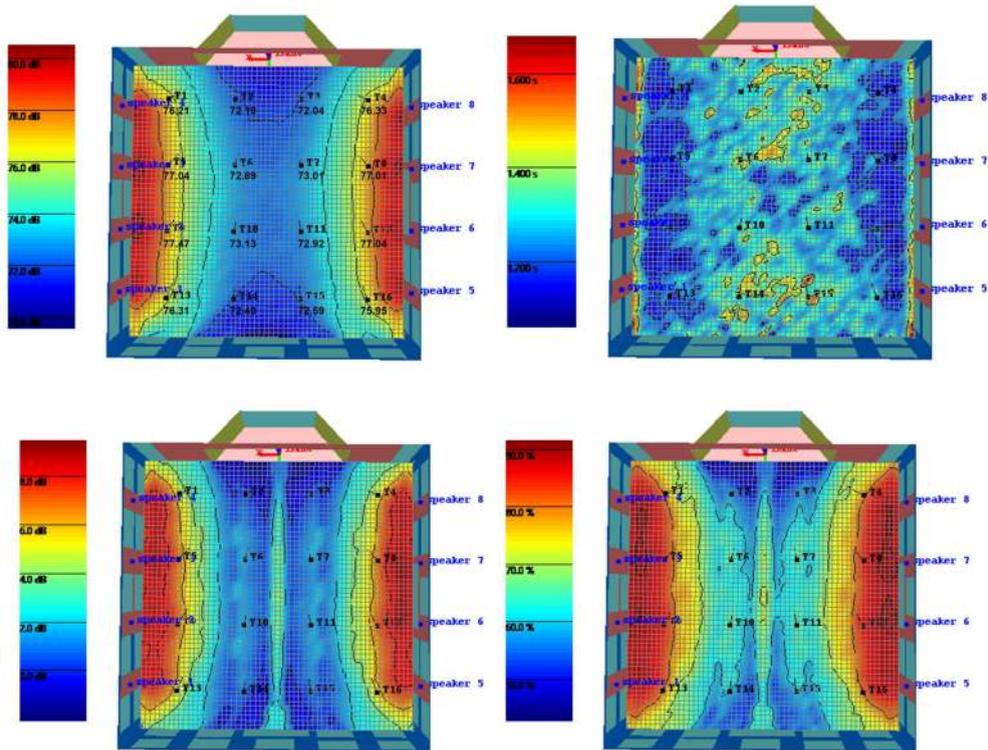
Berikut merupakan hasil simulasi akustik ruang yang sudah dioptimasi. Simulasi suara murni dijalankan dengan sumber suara yang diletakan pada posisi imam di bagian depan masjid.



Gambar 16. dari kiri ke kanan : Nilai SPL, Waktu dengung, C50 dan D50 Murni

Hasil simulasi menunjukkan distribusi suara yang cukup merata kecuali pada bagian paling belakang masjid. Waktu dengung suara langsung mencapai standar optimal dengan rata-rata 1.6 detik. Nilai C50 dan D50 yang dihasilkan juga cukup baik dan memenuhi standar. Pada hasil simulasi dengan suara langsung, suara akan terdengar lebih bergema dan sesuai dengan standar waktu dengung masjid yang membutuhkan kejelasan suara sekaligus unsur keagungan yang didapat dari gema. Nilai C50 dan D50 juga sudah cukup baik. Namun, suara tidak mampu mencapai sisi belakang ruangan dengan merata.

b. Hasil Simulasi *Speaker* Masjid



Gambar 17. dari kiri ke kanan : Nilai SPL, Waktu dengung, C50 dan D50 dengan Speaker

Hasil simulasi *speaker* masjid menunjukkan distribusi suara yang merata ke seluruh penjuru ruangan. Waktu dengung juga didapat merata, namun memiliki nilai sedikit di bawah standar. Nilai C50 dan D50 lebih baik dari hasil simulasi suara langsung, karena memiliki waktu dengung yang lebih rendah pula. Sehingga suara yang dihasilkan akan terdengar kurang bergema, namun lebih jernih, jelas, dan merata ke seluruh ruangan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan teori, pelingkup Masjid Al-Irsyad Satya memiliki material yang bersifat sangat absorptif, berupa selubung bangunan berpori. Hal ini tentunya akan berpengaruh pada kualitas akustik ruang seperti waktu dengung, C50 dan D50, dan juga distribusi suara. Material yang absorptif membuat suara yang dihasilkan lebih cepat diserap, sehingga masjid menghasilkan suara yang kurang gema, walaupun memiliki kejernihan dan kejelasan suara pidato yang cukup baik. Selain itu selubung berpori juga membuat cukup banyak suara bocor dari luar ke dalam maupun dari dalam ke luar. Sehingga membuat distribusi suara menjadi tidak merata. Penggunaan sistem tata suara pada masjid juga belum mampu meningkatkan performa akustik ruang dalam hingga memenuhi standar. Pada aspek waktu dengung, sistem

tata suara justru memperpendek waktu dengung sehingga suara menjadi kurang bergema dan semakin jauh di bawah standar.

Upaya pengoptimalan kinerja akustik masjid dibutuhkan untuk meningkatkan kualitas audial di dalam ruang. Aspek-aspek yang harus ditingkatkan pada kinerja akustik masjid yaitu pemerataan suara, kualitas waktu dengung, dan kejernihan serta kejelasan suara berbicara manusia. Peningkatan kinerja akustik ini dapat disimulasikan menggunakan perangkat lunak simulasi I-SIMPA dengan cara memodifikasi material pelingkup ruang dalam masjid.



Gambar 18. Rancangan Baru Interior Masjid

Berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan pada hasil simulasi dengan suara langsung, suara akan terdengar lebih bergema dan sesuai dengan standar waktu dengung masjid yang membutuhkan kejelasan suara sekaligus unsur keagungan yang didapat dari gema. Nilai C50 dan D50 juga sudah cukup baik. Namun, suara tidak mampu mencapai sisi belakang ruangan dengan merata. Sedangkan pada hasil simulasi dengan *speaker* masjid, suara yang dihasilkan merata. Namun, waktu dengung yang dihasilkan lebih pendek, sehingga suara akan terdengar kurang bergema. Waktu dengung yang pendek membuat nilai C50 dan D50 lebih tinggi, sehingga suara akan terdengar lebih jernih dan jelas dengan adanya *speaker* masjid.

6. DAFTAR PUSTAKA

Buku

- Alton, F., Pohlman K., (2009), *Master Handbook of Acoustics*, New York : Mc Graw Hill Publishing
- Badan Standardisasi Nasional, (2003), SNI 03-6386-2000 : *Spesifikasi Tingkat Bunyi dan Waktu Dengung dalam Bangunan Gedung dan Perumahan (Kriteria yang direkomendasikan)*
- Christina E. Mediastika (2005), *Akustika Bangunan : Prinsip-prinsip dan penerapannya di Indonesia*, Jakarta : Penerbit Erlangga
- Handoko Sutanto (2015), *Prinsip-prinsip akustik dalam Arsitektur*, Depok : PENERBIT PT KANISIUS
- Joko, S., Anugrah, S., Ranti, D. (2020) *Peningkatan Kualitas Akustik Masjid*. Bandung: ITBPress.
- Kleiner, Klepper, Torres (2010) *Worship Space Acoustics*, India : J.Ross Publishing
- Leslie L. Doelle, Prasetio Leo (1986), *Akustik Lingkungan*, Jakarta : Penerbit Erlangga
- M. David Egan (1941), *Architectural Acoustics*, New York : J.Ross Publishing
- National Bureau of Standards (1978), *Noise Criteria for Buildings : A Critical Review*, Washington D.C.: National Bureau of Standards Special Publication 499

Jurnal

- Adel Abdou, (2003), *Measurements of Acoustical Characteristics of Mosques in Saudi Arabia*

- Ahmed Elkhateeb, Adnan Adas, Maged Attia, (2015), The Acoustics of Masjids, Why They Differ from The Classical Speech Rooms
- Gontjang Prajitno, Regina Ratu, Susilo Indrawati, Suyatno (2018) Evaluasi Parameter Akustik Objektif Gereja X di Surabaya
- Hany H., Abdulrahman A., (2018) Sound Quality inside Mosques : A Case Study on the Impact of Mihrab Geometry
- Hedy C., Sri N., Wiratno A., (2007) Analisa Kinerja Akustik pada Ruang Auditorium Multifungsi
- Mariani, Nurlaela R. (2008), Deskripsi Kondisi Akustik Ruang Masjid Al Markaz Al Islami Makassar
- Mostafa J. Sabbagh, Ahmed Elkhateeb, (2019) Suggested Framework in Mosques
- Ahmad Ridzwan Othman, Che Muhammad Harith, Norhati Ibrahim, Sabarinah Sh Ahmad, (2016) The Importance of Acoustic Design in the Mosques towards the Worshipers' Comfort
- Nur R., Sentagi S., Atyanto D., (2014), Kualitas Akustik Ruang pada Masjid Berkarakter Opening Wall Design (Studi Kasus : Masjid Al-Qomar Purwosari Surakarta)