

OPTIMALISASI KINERJA PARAMETER AKUSTIK DENGAN MEMODIFIKASI KONFIGURASI DISTRIBUSI SPEAKER PADA MASJID SYAMSUL ULUM

OPTIMALIZATION PERFORMANCE OF ACOUSTIC PARAMETERS WITH MODIFICATION OF SPEAKER DISTRIBUTION CONFIGURATION AT SYAMSUL ULUM MOSQUE

Syahrul Mubarak¹, Suprayogi², Muh. Saladin Prawirasasra³.

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.

¹massyahrul12@gmail.com, ²spiyogi@yahoo.co.id, ³prawirasasra.bibin@gmail.com.

Abstrak

Masjid merupakan bangunan yang menjadi pusat beribadah umat Islam. Berdasarkan fungsinya, masjid termasuk dalam kategori *room for speech*. Semua aktivitas yang dilakukan di dalam masjid seperti membaca Al-qur'an dan khotbah Jum'at membutuhkan kondisi akustik yang baik. Oleh karena itu, memiliki kualitas akustik yang baik merupakan komponen terpenting dalam setiap masjid. Selain dipengaruhi oleh bentuk, bahan, dan ukuran ruangan, kondisi akustik ruangan juga ditentukan oleh karakteristik dan penempatan *loudspeaker*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penempatan *loudspeaker* terhadap optimasi kondisi akustik masjid. Masjid yang digunakan sebagai studi penelitian adalah masjid Syamsul Ulum Universitas Telkom. Masjid ini memiliki alas berbentuk persegi dengan luas 576 m². Beberapa parameter akan disimulasikan sebagai dasar penilaian kualitas akustik, seperti distribusi *Sound Pressure Level (SPL)*, *Reverberation Time (RT)*, *Definition (D50)*, *Speech Transmission Index (STI)*, dan *Sound Strength (G)*. Simulasi akan dilakukan dengan empat moda penempatan *loudspeaker*. Dari hasil simulasi diketahui bahwa moda penempatan *loudspeaker* yang optimal untuk Masjid Syamsul Ulum adalah moda 2 (penggunaan *loudspeaker* hanya pada posisi depan) dengan nilai RT sebesar 0,52 dB, STI sebesar 0,74 dan D50 sebesar 78,18%.

Kata kunci: parameter akustik, masjid, *speech intelligibility*, *loudspeaker*

Abstract

Mosque is foremost a place of worship for Muslims. Based on function, mosque is categorized as a room for speech. All worship activities at mosque such as reciting of Holy Quran and Friday sermon need a good acoustic performance. Therefore, having good acoustic performance is an important feature in mosque. Beside affected by shape, material surface, and dimension of the room, room acoustic also affected by characteristics and loudspeaker placement. The objective of the research is to investigate the effect of loudspeaker placement on the optimization of acoustic performance in mosque. Masjid Syamsul Ulum (MSU) located at Telkom University was taken as object study of this research. MSU has square shape with surface area is 576 m². Several acoustics parameters are simulated in each mosque such as Sound Pressure Level Distribution, Reverberation Time (RT), Definition (D50), Speech Transmission Index (STI), and Sound Strength (G). There are four different loudspeaker placement modes which are simulated in each mosque. The simulation results show that the optimal loudspeaker placement in MSU is modes 2 (loudspeakers placed in front side) with the RT value is 0.52 dB, STI is 0.74, and 78,18 % of D50.

Keyword: acoustics parameter, mosque, *speech intelligibility*, *loudspeaker*

1. Pendahuluan

Masjid adalah salah satu bangunan yang menjadi pusat kegiatan peribadatan umat Islam, oleh karenanya keberadaan masjid sangat penting bagi pemeluk agama Islam. Berdasarkan fungsinya masjid termasuk dalam kategori *room for speech*, oleh karena itu membutuhkan kondisi akustik yang baik. Peran utama akustik pada masjid adalah untuk memastikan suara dari imam atau khotib dapat didengar dengan jelas oleh semua jamaah. Salah satu permasalahan yang terjadi ketika berlangsungnya peribadatan di dalam masjid adalah ketidakmampuan jamaah mendengar kejelasan suara yang diucapkan oleh imam atau penceramaah pada saat khotbah Jum'at. Permasalahan ini pada umumnya berkaitan dengan desain masjid, karena pada kenyataannya sebagian besar masjid khususnya di Indonesia dibangun tanpa memperhatikan faktor akustik [5].

Kualitas akustik di dalam ruangan masjid ditentukan oleh medan suara yang terbentuk di dalamnya. Selain itu, kualitas akustik ruangan juga dipengaruhi oleh karakteristik dan penempatan sumber suara yang terpasang di dalamnya. Hampir semua masjid menggunakan sistem penguat suara untuk meningkatkan energi suara yang

tersebar keseluruhan penjuru ruangan. Penggunaan sistem tata suara secara tepat dapat meningkatkan nilai *Speech Transmission Index (STI)* dari kategori 'buruk' menjadi 'cukup' serta dapat meningkatkan nilai *Definition (D50)* [7].

Dalam tugas akhir ini akan diteliti mengenai pengaruh penempatan loudspeaker terhadap optimasi kondisi akustik masjid. Masjid yang dipilih sebagai studi kasus dalam penelitian ini yaitu Masjid Syamsul Ulum (MSU) yang berada di Universitas Telkom. Parameter yang dijadikan sebagai indikator kondisi akustik masjid adalah parameter yang berkaitan dengan kejelasan percakapan, seperti *Reverberation Time (RT)*, *Speech Transmission Index (STI)*, *Definition (D50)*, *Sound Strength (G)*, dan distribusi *Sound pressure level (SPL)*. Nilai dari parameter tersebut di dapat dari hasil pengukuran di ruangan utama MSU menggunakan metode respon impuls.

Hasil pengukuran akan digunakan sebagai acuan validasi hasil simulasi awal menggunakan perangkat lunak CATT-Acoustic v8. Simulasi ini bertujuan untuk melakukan optimasi perbaikan kondisi akustik yang ada dengan melakukan perubahan posisi *loudspeaker*. Simulasi dilakukan dengan empat moda, yaitu moda 1 (kondisi sebenarnya), moda 2 (penggunaan loudspeaker hanya pada posisi depan), moda 3 (penggunaan loadspeaker hanya pada posisi tengah), moda 4 (penggunaan loadspeaker dengan kombinasi posisi depan dan belakang).

2. Dasar Teori

2.1 Sound Pressure Level (SPL)

SPL adalah nilai yang menunjukkan perubahan tekanan di dalam udara karena adanya perambatan bunyi. Nilai SPL dinyatakan dalam skala logaritmik berdasarkan perbandingan energi bunyi dalam bentuk kuadrat tekanan sebenarnya dengan tekanan referensi. Nilai SPL dinyatakan dalam satuan decibel (dB). Nilai SPL ini menunjukan besar tingkat tekanan bunyi yang diterima oleh pendengar disuatu titik. Secara matematis tingkat tekanan bunyi dapat dinyatakan dalam persamaan berikut [3].

$$SPL = 10 \log \left(\frac{P}{P_{ref}} \right)^2 \quad (1)$$

dengan:

SPL : Tingkat tekanan bunyi (dB)
 P : Tekanan bunyi di titik tertentu (Pa)
 P_{ref} : Tekanan referensi, 2×10^{-5} (Pa)

Persebaran SPL yang merata dalam ruangan masjid diperlukan agar setiap jamaah dapat menerima informasi bunyi yang sama. Suatu ruangan dikatakan memiliki distribusi tingkat tekanan bunyi yang merata apabila setiap pendengar di seluruh titik dapat mendengar bunyi dengan tingkat kekerasan bunyi yang sama. Salah satu metode untuk menilai pemerataan distribusi tingkat tekanan bunyi adalah dengan cara menghitung selisih anatar besar rata-rata SPL di setiap titik dengan nilai minimum atau maksimum SPL. Apabila hasil selisih tersebut kurang dari 3 dB maka dikatakan bahwa distribusi tingkat tekanan bunyi merata disetiap titik. Sebaliknya, jika hasil selisih tersebut lebih dari 3 dB maka distribusi SPL tidak merata disetiap titik [6].

2.2 Waktu Dengung

Waktu dengung atau *Reverberation time (RT)* adalah waktu yang diperlukan untuk meluruhkan energi bunyi sebesar 60 dB sejak sumber dimatikan [1]. Parameter RT pada umumnya dijadikan acuan awal dalam mendesain suatu ruangan. Untuk melakukan pengukuran RT dapat menggunakan konsep energi impuls dengan cara melakukan perekaman respon ruangan terhadap sinyal impuls yang dibunyikan di dalam ruangan tersebut. Selain cara tersebut, nilai RT juga dapat dicari dari data ruangan dengan melakukan perhitungan menggunakan sabine berikut ini [1].

$$RT = \frac{0.161}{S \alpha} \quad (2)$$

dengan:

RT : Waktu dengung (s)
 V : Volume ruangan (m³)
 S : Luas permukaan absorber (m²)
 α : Koefisien absorber

2.3 Definition (D50)

D50 adalah perbandingan antara energi yang diterima pada 50 ms pertama dengan total energi yang diterima. D50 dijadikan sebagai kriteria dalam menentukan tingkat kejelasan pembicaraan dalam ruangan dengan cara memanfaatkan perbandingan energi yang termanfaatkan dengan total energi suara di dalam ruangan. Secara matematis, nilai D50 dapat dinyatakan dalam persamaan 3 [2].

$$D50 = \frac{\int_0^{50} p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt} \times 100\% \quad (3)$$

Dengan $D50$ merupakan tekanan bunyi dari respon impulse di dalam ruangan. Semakin besar nilai $D50$ maka semakin besar pula tingkat kejelasan bunyi dalam ruangan tersebut. Hal ini dikarenakan semakin banyaknya energi bunyi yang termanfaatkan dalam 50 ms pertama.

2.4 Speech Transmission Index (STI)

Speech Transmission Index (STI) yaitu nilai yang digunakan untuk mengidentifikasi efek dari sistem transmisi bunyi terhadap kejelasan percakapan. STI memiliki rentang nilai dari 0 sampai 1, nilai ini menunjukkan sejauh mana sistem transmisi menurunkan kejelasan suara ucapan [4]. Nilai 0 menunjukkan tingkat kejelasan percakapan buruk, sedangkan nilai 1 menunjukkan tingkat kejelasan percakapan sangat baik. Nilai STI diperoleh dari perhitungan MTF (*modulated transfer function*). Perhitungan MTF dilakukan dengan cara membandingkan sinyal input dan sinyal output pada dua frekuensi. Untuk menghitung nilai STI maka frekuensi MTF yang digunakan adalah frekuensi 125 Hz dan 8000 Hz. Setiap MTF diukur dengan 14 modulasi frekuensi dari 063 sampai 125 Hz pada $1/3$ octave bands. Nilai MTF akan digunakan untuk menghitung faktor reduksi modulasi yang dinyatakan dengan SNR (*signal to noise ratio*).

2.5 Sound Strength (G)

Sound strength adalah rasio antara besarnya tingkat tekanan bunyi di setiap titik dalam suatu ruangan dengan besarnya tingkat tekanan bunyi yang terukur pada jarak 10 m dari sumber bunyi di ruang *anechoic chamber*. Parameter G mengukur tingkat dimana pendengar merasakan bunyi yang diukur dengan satuan dB. Selain parameter RT, parameter ini juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi kualitas bunyi pada pengukuran kejelasan bunyi. Besarnya nilai G dapat ditentukan menggunakan persamaan 3 [2].

$$G = 10 \log \frac{\int_0^{50} p^2(t) dt}{\int_0^{50} p_0^2(t) dt} \quad (4)$$

Dengan $p^2(t)$ adalah besarnya SPL di salah satu titik di dalam ruangan, sedangkan $p_0^2(t)$ adalah besarnya SPL di titik yang diukur pada ruang *anechoic chamber* dengan jarak 10 meter dari sumber suara. Nilai parameter G juga menunjukkan besarnya kontribusi bunyi pantul dalam suatu ruangan.

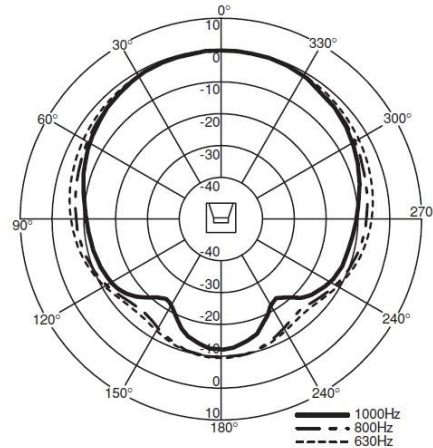
2.6 Sistem Penguat Suara

Tujuan utama diperhatikannya faktor akustik masjid adalah untuk memastikan suara dari imam atau khotib dapat terdengar jelas oleh seluruh jamaah. Oleh karenanya, suatu masjid memerlukan distribusi energi suara yang merata. Salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan tersebut yaitu dengan cara memasang sistem penguat suara. Sebagian besar masjid menggunakan sistem penguat suara untuk meningkatkan energi suara agar dapat tersebar secara merata. Suatu ruangan masjid memerlukan sistem penguat atau penguat suara apabila ruangan tersebut memiliki volume lebih dari $1,7 \text{ m}^3$ dengan panjang lebih dari 18 m. Pemasangan sistem penguat suara secara tepat dapat meningkatkan nilai STI dari kategori 'buruk' menjadi 'cukup' serta meningkatkan nilai $D50$ [7]. Ada tiga jenis tipe sistem tata suara berdasarkan cara pemasangannya, yaitu sistem tata suara terpusat, sistem tata suara tersistribusi, dan sistem stereofonik.

Setiap sumber bunyi menyebarkan gelombang bunyi ke segala arah di sekitarnya. Penyebaran bunyi mempunyai pola keterarahan yang sangat bergantung pada karakteristik dari jenis sumber tersebut. Dalam pengukuran akustik ruang, jenis sumber suara yang digunakan adalah jenis sumber suara *omnidirectional*. *Omnidirectional speaker* dapat dikatakan sebagai sumber bunyi titik. Hal ini dikarenakan *omnidirectional speaker* adalah jenis sumber suara yang dapat memancarkan gelombang suara kesegala arah.

Pola keterarahan dari jenis *loudspeaker* sangat berguna untuk mengetahui informasi terkait sifat sumber suara dalam bentuk yang lebih mudah dipahami. Pola keterarahan pada umumnya digambarkan dalam bentuk diagram polar seperti yang tertera pada gambar 1. Keterarahan suatu sumber bunyi dinyatakan oleh besaran yang disebut faktor arah dan indeks arah. Faktor arah (Q) merupakan perbandingan antara intensitas bunyi pada suatu arah (I_0) dengan intensitas bunyi rata-rata (I). Secara matematis faktor arah dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$Q = \frac{I_0}{I} \quad (5)$$

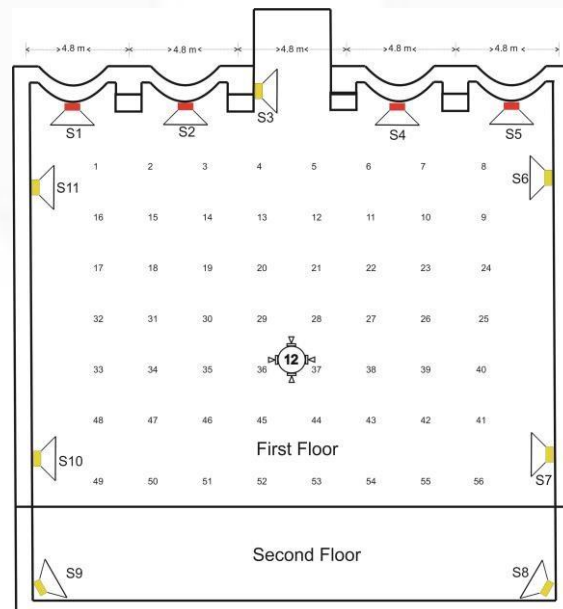


Gambar 1 Diagram polar indeks arah speaker

3. Pembahasan

3.1 Hasil pengukuran lapangan dan simulasi kondisi aktual

Penilaian kualitas akustik dari ruangan masjid dilakukan dengan melakukan evaluasi nilai parameter akustik yang didapat dari pengukuran lapangan. Masjid yang dipilih sebagai objek penelitian adalah Masjid Syamsul Ulum (MSU) Universitas Telkom. Masjid ini memiliki luas permukaan 575 m² dengan kapasitas jamaah lebih kurang 300 orang. Pengukuran lapangan dilakukan pada malam hari untuk menghindari tingkat bising latar belakang yang tinggi. Pengukuran tersebut dilakukan pada 56 titik ukur seperti yang tertera pada Gambar 2 dengan menggunakan metode respon impuls. Pengukuran dilakukan menggunakan dua jenis sumber suara, yaitu *omnidirectional speaker* dan *distributed speaker*. Parameter akustik yang diukur antara lain bising latar belakang (*Background noise*), waktu dengung (*reverberation time*), distribusi SPL, *sound strength (G)*, D50, dan STI. Berdasarkan tabel 1, diketahui bahwa masjid Syamsul Ulum belum memenuhi rekomendasi *room for speech* pada parameter waktu dengung, STI dan D50.



Gambar 2 Tata letak titik pengukuran dan sumber suara

Tabel 1 Hasil pengukuran lapangan dan rekomendasi ruangan

Parameter	Hasil Pengukuran Lapangan		Rekomendasi
	Omnidirectional speaker	Distributed speaker	
D50	27,40%	34%	>65%
RT	0,4 s - 0,6 s	0,4 s - 0,6 s	0,6 s - 0,8 s
STI	0,49	0,47	> 0,75
NC	25	25	25 - 30

Setelah melakukan pengukuran lapangan, maka tahapan selanjutnya adalah simulasi geometri kondisi aktual ruangan dan validasi, simulasi dilakukan pada perangkat lunak CATT acoustic. Tahapan pertama dalam proses simulasi adalah pembuatan geometri ruangan. Setelah itu dilakukan proses validasi hasil pengukuran lapangan dengan hasil simulasi geometri ruangan dengan cara membandingkan hasil pengukuran lapangan dengan hasil simulasi geometri. Hasil *error* dari perbandingan pengukuran lapangan dengan hasil simulasi harus kurang dari 5% sehingga hasil tersebut dapat dikatakan valid. Pada simulasi ini, hasil *error* kurang dari 5%.

3.2 Hasil pemodelan simulasi

Pada tahap ini dilakukan simulasi perbaikan dengan memodifikasi posisi pada speaker terdistribusi yang terpasang di ruang utama MSU. Penulis telah melakukan simulasi sebanyak empat kali dengan moda penempatan loudspeaker yang berbeda. Moda 1 (penggunaan loudspeaker seperti kondisi yang sebenarnya, moda 2 (penggunaan loudspeaker hanya pada posisi depan), moda 3 (penggunaan loudspeaker hanya pada bagian tengah), dan moda 4 (penggunaan loudspeaker pada bagian depan dan belakang). Untuk mengetahui lebih jelas tentang penggunaan loudspeaker pada masing-masing moda percobaan, dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Penggunaan loudspeaker tiap moda

Moda Percobaan	Loudspeaker yang aktif
Moda 1	Semua loudspeaker (S1 – S15)
Moda 2	S1, S2, S3, S4, S5
Moda 3	S12, S13, S14, S15
Moda 4	S1, S2, S3, S4, S5, S9, S8

Nilai RT dari setiap moda percobaan mempunyai nilai yang berbeda walaupun tidak terlalu signifikan seperti yang tertera pada tabel 3.

Tabel 3 Nilai RT setiap moda percobaan

frekuensi (Hz)	Nilai RT (dB)			
	Moda 1	Moda 2	Moda 3	Moda 4
125	1,25	1,17	1,18	1,19
250	1,23	1,20	1,18	1,24
500	1,36	1,25	1,26	1,29
1000	1,44	1,33	1,30	1,40
2000	1,38	1,12	1,22	1,27
4000	1,30	1,15	1,18	1,20

Untuk nilai RT pada ruangan yang termasuk dalam kategori *room for speech* haruslah bernilai 0,6 – 0,8 detik [4]. Pada tabel 3 terlihat bahwa nilai RT untuk setiap moda percobaan tidak memenuhi standar nilai RT untuk *room for speech*. Rata-rata nilai RT pada moda 1 adalah 1,33 detik, moda 2 sebesar 1,21 detik, moda 3 sebesar 1,22 detik, dan 1,26 detik untuk moda 4. Dari nilai rata-rata tersebut dapat diketahui bahwa nilai RT optimal yaitu terdapat pada moda 2.

Sementara itu, nilai parameter STI yang menjelaskan tingkat kejelasan suara percakapan (*speech intelligibility*) menunjukkan bahwa moda 2 dan moda 4 memiliki hasil yang cukup baik dengan nilai rata-rata 73 % dan 71 %. Sedangkan moda 1 dan moda 3 adalah sebesar 70,3 % dan 69,4 %. Nilai rata-rata STI untuk setiap moda percobaan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Nilai parameter STI

Nilai statistik STI	Moda 1	Moda 2	Moda 3	Moda 4
Nilai Maksimum (%)	73,76	85,66	81,35	75,72
Nilai Rata-rata (%)	70,53	74,66	69,13	70,54
Nilai Minimum (%)	68,65	68,96	59,25	66,76
Standar Deviasi	1,22	4,33	5,38	2,06

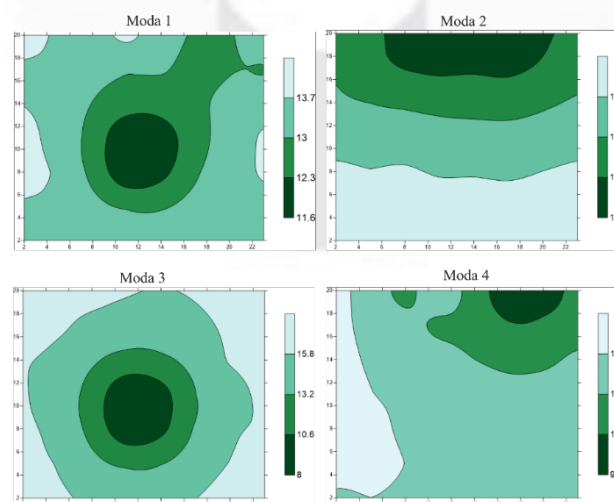
Penempatan loudspeaker pada moda 2 memiliki nilai STI yang cukup baik dibandingkan moda lainnya. Hal ini dimungkinkan Karena semua posisi loudspeaker mengarah ke arah yang sama yaitu dari depan podium ke belakang. Sedangkan penempatan loudspeaker dengan arah yang berbeda-beda secara berdekatan dapat menyebabkan terdengarnya suara dari arah yang berbeda. Hal ini menyebabkan terjadinya penguatan dan pelemahan suara di suatu titik tertentu.

Sama halnya dengan STI, nilai D50 juga menunjukkan bahwa moda 2 dan moda 4 memiliki nilai kejelasan suara yang cukup baik dibandingkan dengan moda yang lainnya. Nilai rata-rata D50 pada moda 1 adalah sebesar 74,15 %. Sedangkan pada moda 4 memiliki nilai D50 sebesar 73,75 %. Perbedaan yang cukup jauh ada pada moda 3, pada percobaan moda 3 nilai D50 hanya sebesar 65,4 %. tabel 5 adalah grafik nilai D50 untuk setiap moda percobaan.

Tabel 5 Nilai parameter D50

Nilai statistik D50	Moda 1	Moda 2	Moda 3	Moda 4
Nilai Maksimum (%)	76,69	88,03	88,04	82,68
Nilai rata-rata (%)	72,12	78,15	65,04	73,75
Nilai Minimum (%)	67,22	65,97	51,99	66,01
Standar Deviasi	1,83	5,49	7,9	3,78

Parameter akustik terakhir yang dijadikan pembanding adalah *sound strength* (*G*). Dari parameter *G* dapat diketahui area atau posisi terbaik untuk pendengar di ruang utama MSU. Pemetaan parameter *G* dapat dilihat pada gambar 3. Posisi terbaik untuk pendengar ditandai dengan nilai *G* yang kecil.



Gambar 3 Peta kontur parameter *G*

Dari peta kontur diatas dapat dilihat bahwa posisi terbaik untuk pendengar pada moda 1 berada pada area tengah. Walau demikian, pada moda 1 terlihat adanya persebaran yang cukup merata dibandingkan dengan moda yang lain. Sedangkan pada moda 2 terletak pada area depan. Dari peta kontur moda 2 juga dapat dilihat pola distribusi nilai *G*, semakin jauh dari sumber maka akan semakin buruk. Hal ini dimungkinkan karena

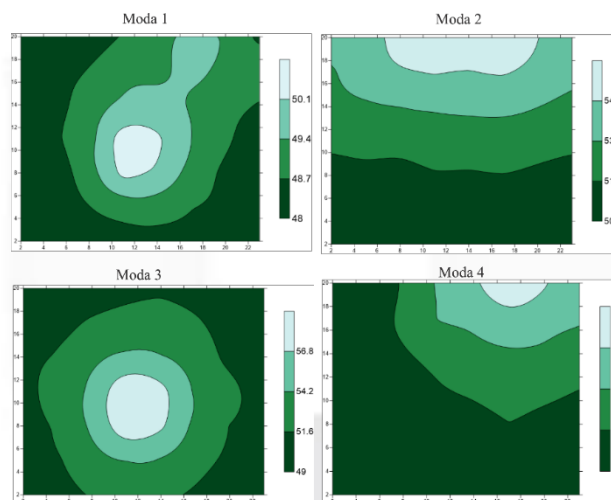
loudspeaker berada di posisi depan tidak dapat mendistribusikan bunyi sampai ke area belakang. Penambahan dua *loudspeaker* di area belakang seperti yang ada pada moda 4 tidak mampu membuat area belakang menjadi lebih baik. Sama halnya dengan moda 2, pada moda 3 juga terlihat pola yang sama. Area terbaik untuk pendengar pada moda 3 berada di area tengah.

Selain parameter tersebut, dalam penelitian ini juga dilakukan evaluasi distribusi Tingkat Tekanan Bunyi di MSU dari setiap moda penempatan *loudspeaker*. Penempatan *loudspeaker* dengan jumlah banyak dapat meningkatkan pemerataan distribusi suara. Percobaan moda 1 merupakan moda yang memiliki penyebaran suara yang merata. Nilai statistik parameter SPL dapat dilihat pada tabel 6 berikut ini.

Tabel 7 Nilai simulasi parameter SPL

SPL	Moda 1	Moda 2	Moda 3	Moda 4
Maximum	50,43	56,09	59,59	55,90
Average	48,85	52,40	52,85	53,92
Minimum	48,07	50,08	50,06	52,96
Max – Ave	1,58	3,68	6,74	1,98
Min – Ave	0,78	2,32	2,79	0,96

Penilaian distribusi SPL didasarkan pada selisih antara nilai rata-rata dengan nilai maksimum dan minimum. Angka yang menjadi batas distribusi SPL adalah 3 dB. Berdasarkan tabel 4.10, selisih nilai rata-rata SPL terhadap nilai maksimum pada moda 1 adalah 1,58 dB, moda 2 adalah 3,68 dB, moda 3 adalah 6,74 dB, dan 1,98 dB pada moda 4. Dengan demikian distribusi SPL yang merata di ruang utama MSU hanya terjadi pada moda 1 dan moda 4. Distribusi SPL di dalam ruang utama MSU juga dapat dilihat pada peta kontur yang tertera pada gambar 4.



Gambar 4 Peta kontur distribusi SPL

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi kondisi akustik masjid syamsul ulum menunjukkan bahwa kualitas akustik di ruang utama MSU tidak memenuhi standar *room for speech*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai parameter objektif seperti waktu dengung yang hanya berkisar pada rentang 0,4s – 0,6 s. Nilai STI dan D50 sebesar 48 % dan 28 %. Penggunaan *loudspeaker* yang terpasang di beberapa titik di dalam ruang utama MSU tidak mampu meningkatkan kualitas *speech intelligibility* secara signifikan. Hal ini dibuktikan dengan nilai D50 dan STI adalah sebesar 34 % dan 47 %. Penggunaan *loudspeaker* di MSU hanya meningkatkan tingkat pemerataan distribusi SPL.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penempatan *loudspeaker* pada moda 2 memiliki tingkat kejelasan bunyi yang ditunjukkan dengan nilai rata-rata STI dan D50 sebesar 74,66 % dan 78,15 %. Nilai tersebut lebih baik dibandingkan penempatan *loudspeaker* pada moda 1, moda 3, dan moda 4. Tetapi, penempatan *loudspeaker* pada moda 2 memiliki persebaran distribusi SPL yang tidak merata

Daftar Pustaka

- [1] Doelle, Leslie L.. 1990. *Akustik Lingkungan (terj. Lea Prasetio)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [2] ISO 3382-1: Acoustic Measurement of room acoustic parameters.
- [3] Mediastika, E Cristina.. 2005. *Akustika Bangunan Prinsip-prinsip dan Penerapannya di Indonesia*. Yogyakarta: Penerbit Erlangga
- [4] Kinsler, L. E.. 1982 *Fundamental of Acoustic*. New York: Palatino.
- [5] Soegijanto. Acoustical Performance of Indonesia Mosque. *Acoustical of Worship Buildings*.
- [6] Soegijanto. 2001. Penelitian Kinerja Akustik Masjid di Indonesia. *Laporan Hasil Hibah Bersaing Perguruan Tinggi IX*. Bandung.
- [7] Smiderle, R. et al.. 2015. Acoustical Performance Influenced by Different Sound Reinforcement System Positioning in a Catholic Chrch. *The 22nd International Congress of Sound and Vibration*. Florence, Italy.

