

DESKRIPSI KONDISI AKUSTIK RUANG MASJID AL MARKAZ AL ISLAMI MAKASSAR

Mariani * dan Nurlaela Rauf**

Abstract

The paper describes the objective acoustic condition of Al Markaz Al Islami Mosque and the factors that affect the acoustic condition of the mosque. Al Markaz Al Islami Mosque is one of the popular mosque in Makassar. The room of the mosque is 4,016 m² large and contained 6,000 persons. The acoustic condition of the mosque in the first observed subjectively were unevenly distributed nature of sound, and excessive reverberation and echo that affect hearing conveniences in the room. The describing of the objective acoustic condition based on the result of direct measurements of Sound Pressure Level and Noise Level using Sound Level Meter, and measurements of reverberation time and intelligibility level of speech with mathematic analysis. The measurements done on real condition on November to December in 2007

Key word: Acoustic, mosque, sound pressure level, noise level, reverberation time, speech intelligibility

Abstrak

Tulisan ini memaparkan kondisi objektif akustik ruang masjid Al Markaz Al Islami Makassar dan faktor-faktor yang memengaruhi kondisi tersebut. Masjid Al Markaz Al Islami adalah salah satu masjid yang cukup dikenal di kota Makassar dengan luas ruang ibadah 4.016 m² dan dapat menampung 6.000 jamaah. Kondisi awal akustik ruang masjid yang diamati secara subjektif adalah distribusi suara yang tidak merata di dalam ruang serta bunyi dengung dan gema yang menimbulkan ketidaknyamanan mendengar. Pemaparan kondisi objektif akustik ruang masjid didasarkan pada hasil pengukuran langsung Tingkat Tekanan Suara dan Tingkat Bising menggunakan Sound Level Meter, serta pengukuran Waktu Dengung dan Tingkat Kejelasan Pembicaraan dengan analisis matematis. Pengukuran dilakukan pada kondisi riil pada bulan November-Desember 2007.

Kata kunci: Akustik, masjid, tingkat tekanan bunyi, tingkat bising, waktu dengung, kejelasan pembicaraan

1. Pendahuluan

Kenyamanan dan kekhusukan beribadah sangat dipengaruhi oleh kondisi mendengar (akustik) di dalam ruang masjid. Diharapkan di dalam ruang masjid suara dapat didengarkan dengan keras, jelas dan estetis, atau memenuhi kriteria *loudness, clarity or intelligibility and liveness of sound*. Kondisi nyaman secara audio dituntut dan menjadi salah satu kriteria penting

dalam rancangan ruangengar seperti halnya masjid, dimana kondisi ini akan berpengaruh terhadap terlaksananya dengan sempurna aktivitas ibadah yang meliputi ibadah shalat, ceramah/khotbah dan pembacaan ayat-ayat suci Alquran.

Kondisi akustik yang baik dalam ruang dengan fungsi yang spesifik seperti halnya masjid dewasa ini bukan lagi sebuah kemewahan (*luxury*), tetapi kebutuhan (*necessity*). Di dalam ruang

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

** Staf Pengajar Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin, Makassar

masjid misalnya bila khatib memberikan khotbah, jika suaranya tidak dapat didengar dengan jelas oleh setiap jamaah di seluruh ruangan, maka jamaah tidak memberikan perhatian dan cenderung mengantuk atau berbisik-bisik. Keadaan ini jelas tidak diinginkan karena pesan moral tidak dapat ditangkap dengan sempurna oleh para jamaah. Begitu pula pada shalat berjamaah, suara imam yang tidak jelas dapat mengganggu kekhusukan ibadah, bahkan dapat merusak kesempurnaan ibadah. Oleh sebab itu kondisi akustik ruang masjid seharusnya mendapatkan perhatian khusus.

Masjid Al Markaz Al Islami yang berlokasi di pusat kota Makassar, merupakan salah satu masjid agung/raja yang menjadi *centre of religious and social activities* dari komunitas muslim di kota Makassar, dan merupakan masjid yang terbesar dan termegah di Kawasan Timur Indonesia. Masjid Al Markaz Al Islami dibangun berlantai tiga dengan luas total 6.932 m² (lampiran, Gambar 1). Lantai dua dan tiga (balkon) seluas 4.016 m² digunakan khusus sebagai ruang ibadah yang mampu menampung 6.000 jamaah.

Pengamatan awal yang dilakukan pada ruang Masjid Al Markaz Al Islami pada bulan Agustus 2007, yaitu dengan mendengarkan langsung suara saat pelaksanaan rangkaian shalat Jumat di mana ruangan terisi penuh jamaah dan saat ruangan kosong, secara subjektif terdapat kondisi mendengar yang tidak begitu baik pada ruang masjid. Distribusi suara tidak merata pada seluruh ruangan, suara lemah terutama di daerah bawah balkon. Suara doa dan khotbah (pengucapannya) tidak jelas terdengar pada beberapa tempat dalam ruangan karena efek dengung dan gema serta *clarity* yang kurang baik dari sistem pengeras suara. Pada kondisi ruangan kosong, suara dengung dan gema cukup kuat terdengar di seluruh ruangan. Kondisi ini pada pelaksanaan

ibadah hari-hari biasa juga menjadi keluhan dari para jamaah.

Pengukuran akustik kemudian dilakukan untuk mengetahui kondisi objektif akustik ruang masjid pada bulan November-Desember 2007, dimana terdapat perubahan sistem pengeras suara yang terpasang dalam ruang masjid dari kondisi pada pengamatan pada bulan Agustus 2007. Pengukuran mencakup parameter-parameter objektif akustik yang mewakili faktor kekerasan suara, kejelasan suara dan kehidupan suara dalam ruang.

2. Tinjauan Pustaka

Dalam Lawrence (1970), bunyi atau suara (*sound*) diklasifikasikan menjadi 3, yaitu pembicaraan (*speech*), musik (*music*), dan kebisingan (*noise*). Menurut fungsinya, masjid dikategorikan sebagai "speech room" karena didasari oleh *speech* sebagai *main activity* (Icha, Venanda et al, 2005). Sesungguhnya di dalam ruang masjid juga terdapat aktivitas "melagu" dari pembacaan ayat-ayat suci Alquran yang juga merupakan aktivitas utama (khaiyat, 1966), seperti mengaji, shalawat, adzan dan shalat. Namun bunyi tersebut belum dikategorikan sebagai bunyi "music".

Soegijanto (2001) dalam penelitian Kinerja Akustik Masjid di Indonesia menyebutkan 5 persyaratan umum akustik untuk ruang masjid, yaitu **kekerasan suara** yang mencukupi, **distribusi suara** yang merata, **waktu dengung** yang optimum yang berpengaruh pada **kejelasan pembicaraan**, bebas dari **cacat akustik**, dan **tingkat bising** yang rendah.

Kekerasan suara dalam ruang diukur dengan Tingkat Tekanan Suara (*Sound Pressure Level*) dalam skala deciBell (dB). Nilai SPL menunjukkan kekuatan atau kekerasan suara yang ditangkap oleh pendengar pada suatu titik dalam ruang dengan jarak tertentu dari sumber suara. Jika bunyi yang dipancarkan dari sumber suara dapat ditangkap dengan kekerasan yang sama oleh pendengar pada semua

posisi/titik dalam ruang, maka dikatakan distribusi suara dalam ruang tersebut merata.

Tingkat dengung dalam ruang diukur dengan Waktu Dengung (*Reverberation Time*) dalam satuan detik. Dengung (*reverberation*) dalam akustika adalah bunyi yang berkepanjangan sebagai akibat pemantulan yang berturut-turut dalam ruang tertutup setelah sumber bunyi dihentikan. Objektif waktu dengung yang diperkenalkan pertama kali oleh W.C.Sabine pada tahun 1898, adalah waktu yang diperlukan oleh energi bunyi untuk meluruh sebesar 60 dB dari energi awalnya (RT_{60}). Sabine menemukan waktu ini merupakan fungsi dari volume ruangan dan jumlah penyerapan bunyi di dalamnya.

Dengung berbeda dengan gema (*echo*) yang waktu pemantulannya lebih lambat (*long delayed*) dan timbul akibat *strong reflection* bunyi asli (Day et al, 1969). Dengung dibutuhkan pada taraf tertentu untuk meningkatkan intensitas bunyi asli dan memberi kesan "live" pada ruangan. Sementara gema sebagai sebuah cacat akustik (*acoustic defect*) harus dieliminasi karena dapat merusak kualitas bunyi asli (Doelle, 1993). Dinyatakan oleh Mediastika (2005), waktu dengung yang disyaratkan untuk aktivitas *speech* lebih pendek dari waktu dengung untuk aktivitas *music*, dan besarnya semakin bertambah dengan makin besar volume ruang. Kayili (2005) merekomendasikan waktu dengung yang lebih panjang untuk ruang masjid yang dimaksudkan untuk penciptaan estetika bunyi yang membangkitkan perasaan keagungan Tuhan, berkaitan dengan aktivitas "melagu" dari pembacaan ayat-ayat suci Alquran.

Berkaitan dengan aktivitas *speech* (ceramah/khotbah), kejelasan pembicaraan (*speech intelligibility*) menjadi salah satu kriteria akustik ruang masjid. Intelligibilitas adalah kejelasan dan kemudahan dimengerti (*clearly and easily understood*) dari kata-kata yang diucapkan (Day et al, 1969),

dimana suara harus cukup keras dan setiap fonem harus dapat dibedakan (Lawrence, 1970). Salah satu parameter kejelasan pembicaraan adalah % **ALCons** yang perumusannya ditemukan oleh V.M.A.Peutz pada 1971. Nilai % ALCons menunjukkan seberapa besar prosentase kehilangan artikulasi konsonan (*Percentage Articulation Loss of Consonant*) yang menyebabkan suara pembicaraan menjadi tidak jelas. Semakin rendah nilai % ALCons, semakin baik kejelasan pembicaraan.

Kebisingan (*noise*) didefinisikan sebagai bunyi atau suara yang tidak diinginkan ada dalam ruang (*unwanted sound*) yang berasal bukan dari sumber suara utama. Dinyatakan oleh Mediastika (2005), dikenal 3 istilah bising, yaitu bising latar belakang (*background noise*), bising (*noise*), dan bising gabungan (*ambient noise*). *Background noise* adalah bunyi yang muncul secara tetap dan stabil pada tingkat tertentu. *Noise* adalah bunyi yang muncul secara tidak tetap atau seketika dengan tingkat kekerasan yang melebihi *background noise*. Dan *ambient noise* adalah gabungan antara *background noise* dan *noise*.

3. Metodologi

Kondisi objektif akustik ruang masjid dinilai berdasarkan parameter objektif akustik, pada tulisan ini mencakup Tingkat Tekanan Suara (SPL), Tingkat Bising (NL), Waktu Dengung (RT_{60}) dan Tingkat Kejelasan Pembicaraan (% ALCons). Hasil pengukuran dipaparkan disertai evaluasi dengan mengacu pada standar atau besaran-besaran akustik yang direkomendasi, dilengkapi dengan analisis faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kondisi akustik .

Pengukuran Tingkat Tekanan Suara dilakukan pada kondisi riil yaitu pada setiap pelaksanaan ibadah dengan menggunakan sistem tata suara (*sound system*) yang terpasang dalam ruang masjid (*setting riil*). Pengukuran dilakukan pada aktivitas *speech* (ceramah/khotbah) dan

aktivitas pembacaan ayat-ayat suci Alquran (mengaji, shlawat dan adzan), pada kondisi ruangan terisi sedikit jamaah (hari biasa) dan pada kondisi ruangan terisi banyak jamaah (hari Jumat), masing-masing sebanyak 3 hari pada titik-titik ukur yang ditentukan (lampiran, Gambar 4).

Pengukuran Tingkat Bising dilakukan pada kondisi ruangan kosong jamaah dan di luar bangunan masjid, masing-masing sebanyak 3 hari x 5 waktu pada titik-titik ukur yang ditentukan (lampiran, Gambar 7). Pengukuran langsung-manual tingkat tekanan suara dan tingkat bising menggunakan alat ukur **Sound Level Meter** merek Krisbow tipe kw06-290 yang unitnya terdiri dari mikrofon, *amplifier*, *weighting network* dan layar display digital (lampiran, Gambar 8). Pengukuran dilakukan dalam bobot dBA tanpa spesifikasi frekuensi suara (diukur pada semua frekuensi). Posisi SLM saat pengukuran adalah pada jarak 1,2 m dari lantai/permukaan dan 0,5 m dari pengukur dengan posisi mikrofon mengarah ke sumber suara utama. Pengukuran Waktu Dengung dan %ALCons menggunakan analisis matematis dengan persamaan "**Sabine**" dan "**Peutz**":

$$RT_{60} = 0,16 V / A \dots\dots\dots(1)$$

Dimana,
 RT_{60} = Waktu dengung (det) pada peluruhan 60 dB
 0,16 = Konstanta (det/m)
 V = Volume ruangan (m^3)
 A = Absorpsi total ruangan (Sabin m^2)

Absorpsi total ruangan (A) adalah luas seluruh permukaan (S , m^2) dengan koefisien serapnya (α , Sabine):

$$A = \sum Sa = S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + \dots + S_n\alpha_n \dots\dots(2)$$

Pada frekuensi tinggi (di atas 1 kHz) absorpsi bunyi oleh udara adalah

signifikan sehingga diperhitungkan dalam waktu dengung :

$$RT_{60} = 0,16 V / (A + xV) \dots\dots\dots(3)$$

Dimana,
 x = Koefisien penyerapan udara.

$$\%ALCons = \{200 d^2 RT^2 (n + 1)\} / (V Q M) \dots\dots\dots(4)$$

Dimana,
 d = Jarak sumber suara terhadap pendengar terjauh (m)
 RT = Waktu dengung ruangan (det)
 n = Jumlah kelompok *loudspeaker*
 V = Volume ruangan (m^3)
 Q = Faktor arah dari sumber suara/*loudspeaker*
 M = Faktor pengubah, biasanya diambil = 1

Nilai faktor arah (Q) menggunakan persamaan dalam Rettinger (1977):

$$SPL = PwL - 10 \log d + 10 \log Q - 11 \dots\dots\dots(5)$$

Dimana,
 SPL = Tingkat tekanan bunyi (dBA)
 PwL = Tingkat daya bunyi (dBA)

Persamaan Peutz berlaku jika $d < 3,16 d_c$, dimana d_c adalah jarak kritis:

$$d_c = 0,141 \sqrt{(Q R)} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana,
 R = Konstanta ruang.

Jika $d > 3,16 d_c$, maka persamaan yang digunakan adalah:

$$\% ALCons = 9 RT \dots\dots\dots(7)$$

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Karakteristik Fisik Ruang Masjid

Ruang masjid terdiri dari ruang utama di mana terdapat mihrab dan balkon di sisi Selatan, Utara dan Timur. Denah ruang masjid dengan geometri dasar segi empat berukuran (p x l) 42 x 54 m² (lampiran, Gambar 2-4).

Bidang dinding dalam ruang masjid pada semua sisi merupakan permukaan datar (tanpa bidang lengkung). Terutama bidang dinding pada sisi Barat merupakan permukaan difusif dengan tonjolan-tonjolan dinding relief dan dekorasi kaligrafi. Dinding pada sisi Utara dan Selatan di mana terdapat bukaan untuk ventilasi alami juga merupakan permukaan difusif dengan adanya permainan bidang dinding dan kolom, hanya saja berada pada kedalaman daerah bawah balkon.

Daerah bawah balkon pada sisi Utara dan Selatan dengan kedalaman 12 m dan tinggi efektif 4,4 m, serta terdapat deretan kolom-kolom penopang balkon berukuran 90 x 170 cm² pada garis kedalaman dan jarak antara 6 m.

Langit-langit ruang masjid mengikuti bentuk atap, yaitu limasan dengan kuncup segi empat di bagian *central-puncak*. Bentuk ini termasuk tipikal bentuk langit-langit piramida yang menceruk di bagian tengah ruang. Ketinggian langit-langit di bawah atap limas hingga 15 m, dan puncak cerukan di bawah kuncup hingga 24,85 m. Permukaan langit-langit terutama di

bawah kuncup penuh dengan permainan bidang.

4.2 Karakteristik Akustik Rruang Masjid

a. Tingkat Tekanan Suara

Tingkat tekanan suara (SPL) aktivitas *speech* (ceramah/khotbah) dalam ruang masjid diukur pada waktu shalat Dhuhur dan shalat Jumat, masing-masing sebanyak 3 hari. Shalat Dhuhur mewakili kondisi ruangan terisi sedikit jamaah, dimana pengisian ruang rata-rata 2 shaf pria penuh (@ sepanjang 30 m) dan 3 shaf wanita penuh (@ sepanjang 12 m). Sementara shalat Jumat mewakili kondisi ruangan terisi banyak jamaah, dimana pengisian ruang diestimasi rata-rata 70% penuh (lampiran, Gambar 5-6).

Kondisi saat pengukuran adalah semua *loudspeaker* dalam ruang masjid dihidupkan, kecuali di balkon pada shalat Dhuhur. Setting volume *loudspeaker* menyesuaikan dengan kebutuhan penggunaan ruang masjid, lebih keras pada shalat Jumat (level maksimum dengan nilai indikator 3). Suara yang diukur adalah suara pembicaraan langsung oleh penceramah dari *loudspeaker*, dengan karakteristik suara yang diukur tinggi-moderat-rendah dari sebuah deretan nada pembicaraan yang fluktuatif, seragam pada setiap titik ukur. Hasil pengukuran tingkat tekanan suara *speech* pada 13 titik ukur yang ditentukan dalam ruang masjid tercantum pada tabel 1.

Tabel 1. Tingkat Tekanan Suara Rata-Rata *Speech*

Lokasi Titik Ukur	Titik Ukur	Sedikit Jamaah		Banyak Jamaah	
			Average		Average
Tengah Ruang Utama	TR 1	68,1	68,1	77,1	76,2
	TR 2	69,9		77,5	
	TR 3	67,4		76,2	
	TR 4	67,0		74,7	
	TR 5	68,3		75,5	

Tabel 1. Tingkat Tekanan Suara Rata-Rata Speech (lanjutan)

Lokasi Titik Ukur	Titik Ukur	Sedikit Jamaah		Banyak Jamaah	
			Average		Average
Bawah Balkon	BB 1	64,9	66,3	73,7	73,6
	BB 2	66,5		74,0	
	BB 3	66,3		72,5	
	BB 4	66,8		74,4	
	BB 5	66,9		73,2	
Balkon	BL 1	64,2	65,3	73,4	73,8
	BL 2	64,9		73,5	
	BL 3	66,7		74,5	
	Minimum	64,2		72,5	
	Maximum	69,9		77,5	
	Average	66,8		74,6	
	Max - Ave	3,1		2,9	
	Ave - Min	2,6		2,1	

(Sumber : Analisis hasil pengukuran 23/11, 27/11, 28/11, 30/11, 2/12, 7/12 2007)

Pada tabel 1, SPL rata-rata speech ruang masjid pada kondisi sedikit jamaah adalah 66,8 dBA, sementara pada kondisi banyak jamaah adalah 74,6 dBA. Disebutkan oleh Lawrence (1970), untuk kejelasan yang baik dari pembicaraan diinginkan SPL sekitar 70 dB (disetarakan ~ 65-75 dBA). Dengan demikian, kriteria kekerasan suara dalam ruang masjid Al markaz Al Islami (yang diwakili oleh ke 13 titik ukur) mengacu pada standar Lawrence (1970) sudah terpenuhi, meskipun secara subjektif terdapat area di luar dari titik ukur di mana suara terdengar lemah pada kondisi sedikit jamaah.

Selanjutnya, penilaian terhadap distribusi SPL speech dalam ruang masjid mengacu pada metode penilaian soegijanto (2001), didasarkan pada besar selisih nilai rata-rata SPL pada semua titik ukur terhadap nilai maksimum dan minimum. Angka yang menjadi batas penilaian pemerataan distribusi SPL adalah **3 dB**. Secara teoritis, perubahan tingkat bunyi sebesar 3 dB efeknya mulai dapat dirasakan. Berdasarkan hasil pengukuran tingkat tekanan suara pada tabel 1, selisih nilai rata-rata SPL terhadap nilai maksimum pada kondisi sedikit jamaah adalah 3,1 dBA, sementara pada kondisi banyak jamaah adalah 2,9 dBA. Dengan

demikian, distribusi suara speech dalam ruang masjid Al Markaz Al Islami berdasarkan metode penilaian Soegijanto (2001) belum merata pada kondisi sedikit jamaah.

Berdasarkan pengamatan langsung selama pengukuran, faktor-faktor yang memengaruhi perbedaan SPL speech dan distribusinya pada kondisi sedikit jamaah dan kondisi banyak jamaah adalah :

- Setting volume *loudspeaker*.
- Jumlah *loudspeaker* yang dihidupkan.
- Posisi penempatan dan arah *loudspeaker*.
- Volume suara langsung pembicara dan jarak terhadap mikrofon.
- Kondisi lingkungan ruang (bising dan thermal).

Pengukuran tingkat tekanan suara untuk aktivitas pembacaan ayat-ayat suci Alquran (mengaji, shalawat dan adzan) dilakukan dengan metode yang sama dengan pengukuran pada aktivitas speech. Tingkat tekanan suara diukur pada tengah ruang utama (titik TR 3) sebanyak 3 waktu pada masing-masing aktivitas. Pengukuran menggunakan "speaker luar ruang" yang terletak di atas ceiling mihrab (*box-static* Ramsa tipe WS-A200E 1 unit). Karakter suara muadzin dari *loudspeaker* yang diukur

bervariasi dari moderat hingga tinggi-melengking. Perbandingan hasil pengukuran tingkat tekanan suara ketiga aktivitas “melagu” terlihat pada gambar 1, dimana nilai SPL rata-rata tertinggi pada aktivitas adzan (83 dBA) dan nilai SPL maksimum tertinggi pada aktivitas mengaji (89 dBA).

b. Tingkat bising

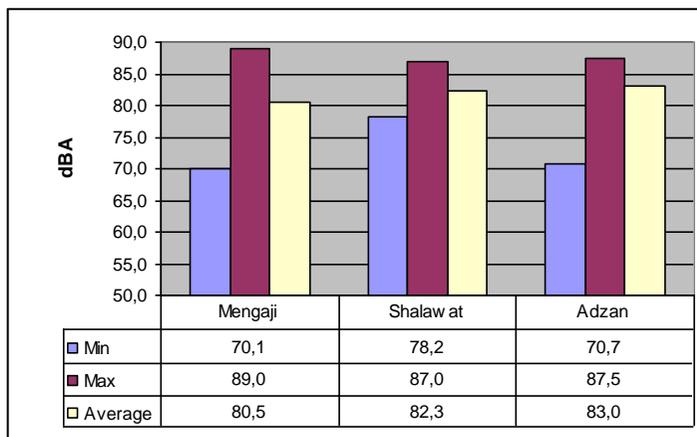
Pengukuran tingkat bising dilakukan selama 3 hari yang mewaikili hari kerja, hari Jumat dan hari libur, masing-masing pada jam 5.30, 8.30, 11.30, 14.30 dan 17.30 atau 5 kali sehari pada setiap titik ukur di dalam dan di luar bangunan masjid. Karakteristik bising yang diukur adalah bising yang moderat. Hasil pengukuran tingkat bising pada 8 titik ukur terlihat pada lampiran, gambar 7.

Pada lampiran, Gambar 7, tingkat bising latar belakang (*background noise level*) rata-rata ruang masjid antara 48,5-56,8 dBA. Tingkat bising latar belakang yang direkomendasi dalam Doelle (1993) untuk fungsi tempat ibadah adalah 35-40 dBA. Sementara dalam Beranek (1992), tingkat bising yang direkomendasi untuk memenuhi kondisi mendengar “*for good listening conditions*” adalah 38-48 dBA. Dengan demikian, tingkat bising latar belakang

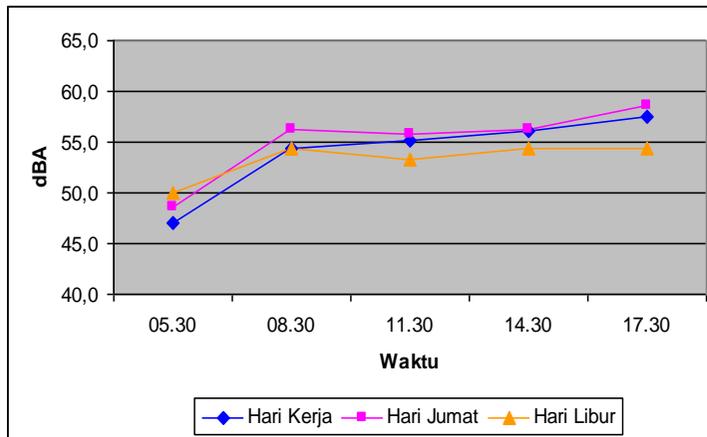
ruang masjid Al Markaz Al Islami mengacu pada standar dalam Doelle (1993) dan Beranek (1992), dinilai belum memenuhi syarat untuk kondisi mendengar yang baik.

Adapun tingkat bising gabungan (*ambient noise level*) rata-rata luar bangunan masjid (hingga radius 72 m dari *center point*) adalah 54,8-60,5 dBA atau rata-rata 57,0 dBA. Mengacu pada standar batas kebisingan maksimum untuk area rumah ibadah yang ditentukan dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.48 Tahun 1996, yaitu 55 dBA, maka tingkat bising ambien luar bangunan masjid dinilai belum memenuhi syarat.

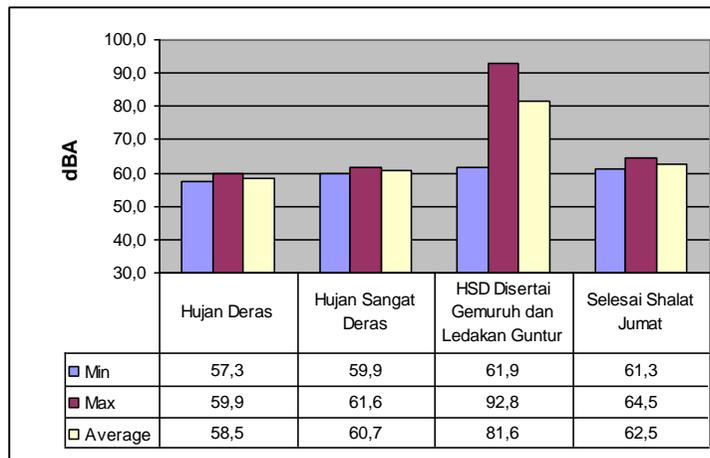
Dari hasil pengukuran tingkat bising pada lampiran, Gambar 7, diketahui sumber kebisingan utama di dalam ruang masjid Al Markaz Al Islami adalah dari internal lingkungan masjid yaitu dari aktivitas bermain/olahraga anak-anak (LB 6), dan dari aktivitas transportasi di jalan-jalan sekeliling tapak kompleks masjid. Tingkat bising terendah di dalam dan di luar bangunan adalah pada jam 5.30 pada hari kerja, dan tertinggi pada jam 17.30 pada hari Jumat (gambar 2).



Gambar 1. Diagram Perbandingan Tingkat Tekanan Suara Rata-rata “Melagu”



Gambar 2. Perbandingan Tingkat Bising Latar Belakang dalam Ruang Masjid



Gambar 3. Perbandingan Tingkat Bising Dalam Ruang pada Keadaan khusus

Pengukuran tingkat bising di dalam bangunan juga dilakukan pada keadaan khusus, seperti pada saat hujan deras dan hujan sangat deras, saat hujan sangat deras diiringi gemuruh dan ledakan guntur, dan saat selesai shalat Jumat dimana sejumlah jamaah tidur-tiduran di dalam ruang masjid. Hasil pengukuran di tengah ruang utama (titik TR 3) terlihat pada gambar 3.

c. Tingkat dengung

Tingkat dengung ruang masjid yang diukur dengan Waktu Dengung dihitung menurut persamaan "Sabine"

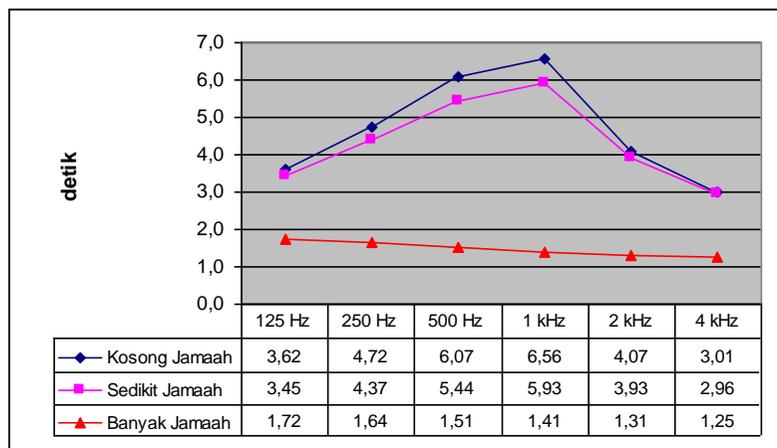
(RT_{60}), dengan besaran volume ruang (V) 23.670,81 m³ dan luas permukaan ruang dalam masjid termasuk *furniture* tetap (S) 11.110,37 m² (analisis Mariani, 2008). Angka koefisien serapan bunyi bahan dan *audience* (a) untuk mendapatkan serapan permukaan (A), dan koefisien serapan udara (x), menggunakan tabel dalam Satwiko (2005), Doelle (1993), Mangunwijaya (2000), dan Lawrence (1970). Hasil perhitungan waktu dengung ruang masjid terlihat pada gambar 4.

Pada gambar 4, RT_{60} ruang masjid pada frekuensi menengah (500 - 1.000

Hz) antara 6,1-6,6 detik pada kondisi ruangan kosong (tanpa jamaah), **5,4-5,9** detik pada kondisi ruangan terisi sedikit jamaah, dan **1,5-1,4** detik pada kondisi ruangan terisi banyak jamaah. Waktu dengung optimum masjid yang direkomendasikan oleh Kayili (2005) untuk volume ruang 23.670,81 m³ adalah ~**2,5** detik. Sementara Knudsen dan Harris dalam Day et al (1969) merekomendasikan waktu dengung optimum *speech audiotria* untuk volume ruang 23.670,81 m³ adalah ~**1,1** detik. Dengan demikian, waktu dengung ruang masjid Al Markaz Al Islami mengacu pada rekomendasi Kayili

(2205) dan Knudsen & Harris (1969), pada kondisi banyak jamaah dinilai cukup memenuhi, sementara pada kondisi kosong jamaah maupun pada kondisi sedikit jamaah, waktu dengung ruang masjid sangat tinggi.

Dengung yang optimum pada ruang masjid dibutuhkan untuk menunjang kejelasan pembicaraan (*speech intelligibility*) pada aktivitas seperti ceramah/khotbah, dan untuk terciptanya estetika bunyi untuk aktivitas seperti mengaji, shalawat dan adzan. Sementara dengung yang berlebihan akan merusak kejelasan pembicaraan.



Gambar 4. Waktu Dengung (RT₆₀) Ruang Masjid

Berdasarkan analisis mariani (2008), waktu dengung ruang masjid Al Markaz Al Islami yang tinggi disebabkan karakteristik bahan permukaan ruang yang terdiri dari 59,6% bahan pemantul dengan α (0,01-0,10), antara lain granit dan beton; 33,5% bahan pemantul dengan α (0,05-0,19), antara lain kayu dan gipsum; dan selebihnya hanya 6,9% bahan penyerap dengan α (0,20-1,00), antara lain kaca ringan, karpet/sajadah dan *open windows* yang menyerap sempurna. Waktu dengung ruang masjid berkurang cukup signifikan pada kondisi banyak jamaah dengan penyerapan *audience* yang mencapai 76,8-81,5% dari total absorpsi dalam ruang masjid.

d. Tingkat Kejelasan Pembicaraan

Tingkat kejelasan pembicaraan dalam ruang masjid yang diukur dengan % ALCons dihitung menggunakan persamaan "Peutz", dengan besaran jarak sumber suara dari titik ukur (d) dan jumlah kelompok *loudspeaker* (n) berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran skalatis. Hasil perhitungan % ALCons terlihat pada tabel 2.

Pada tabel 2, % ALCons ruang masjid antara titik terdekat dan titik terjauh dari sumber suara pada frekuensi 1 – 2 kHz adalah **12,52-98,12 %** pada kondisi ruangan terisi sedikit jamaah, dan **7,81-36,74 %** pada kondisi ruangan

terisi banyak jamaah. Dalam *Intelligibility Conversion* (<http://www.Sengpielaudio.com>, 7/2/2008), kejelasan pembicaraan dinilai baik hingga 15 % ALCons. Di atas 15 hingga 100 % ALCons, kejelasan pembicaraan dinilai kurang hingga buruk. Dengan demikian, berdasarkan hasil pengukuran % ALCons ruang masjid Al Markaz Al Islami hanya memenuhi syarat hingga jarak 9,8 m dari sumber suara utama dengan tingkat tekanan suara 68,1 dBA pada kondisi sedikit jamaah (frekuensi 2 kHz), dan hingga jarak 18,7 m dari sumber suara utama dengan tingkat tekanan suara 76,2 dBA pada kondisi banyak jamaah (frekuensi 2 kHz). Hasil pengukuran pada tabel 2 memperlihatkan bahwa kejelasan pembicaraan bergantung pada kekerasan/kekuatan suara pada sumber

dan berkurang dengan bertambahnya jarak.

Berkurangnya inteligibilitas pembicaraan dalam ruang disebabkan antara lain oleh dengung yang berlebihan (*excessive reverberation*) dan perbandingan suara terhadap kebisingan (*Signal to Noise Ratio*) kurang. Intelligibilitas akan baik jika RT (1 dan 2 kHz) < 1,5 detik (~15 % ALCons) dan SNR atau S/N (1 dan 2 kHz) \geq 25 dB (*Intelligibility*, <http://www.acoustic.salford.ac.uk>, 8/2/2008). S/N ruang masjid Al Markaz Al Islami menurut analisis Mariani (2008) memenuhi syarat secara global pada kondisi banyak jamaah (1 dan 2 kHz) yaitu >28 dB dengan RT 1,41-1,31 detik.

Tabel 2. % ALCons Speech

Titik Ukur	SPL	A	PWL	d	Q	RT	n	V	% ALCons
Sedikit Jamaah									
1 kHz									
TR 1	68,1	638,15	79,85	9,8	8,25	5,93	6	23.670,81	24,22
TR 3	67,4	638,15	79,15	18,7	15,74		6		46,22
TR 4	67,0	638,15	78,75	27,7	23,31		6		68,46
BB 1	64,9	638,15	76,65	18,2	15,32		6		44,98
BB 3	66,3	638,15	78,05	39,7	33,41		6		98,12
BB 4	66,8	638,15	78,55	37,8	31,81		6		93,42
BL 1	64,2	638,15	75,95	22,3	18,77		6		55,11
BL 3	66,7	638,15	78,45	37,4	31,81		6		93,42
2 kHz									
TR 1	68,1	750,78	80,56	9,8	7,01	3,93	6	23.670,81	12,52
TR 3	67,4	750,78	79,86	18,7	13,38		6		23,88
TR 4	67,0	750,78	79,46	27,7	19,81		6		35,37
BB 1	64,9	750,78	77,36	18,2	13,02		6		23,24
BB 3	66,3	750,78	78,76	39,7	28,40		6		50,70
BB 4	66,8	750,78	79,62	37,8	27,04		6		48,27
BL 1	64,2	750,78	76,66	22,3	15,95		6		28,48
BL 3	66,7	750,78	79,16	37,4	27,04		6		48,27
Banyak Jamaah									
1 kHz									
TR 1	77,1	2.689,52	95,1	9,8	1,96	1,41	10	23.670,81	9,07
TR 3	76,2	2.689,52	94,2	18,7	3,73		10		17,3
TR 4	74,7	2.689,52	92,7	27,7	5,53		10		25,63
BB 1	73,7	2.689,52	91,7	18,2	3,63		10		16,84
BB 3	72,5	2.689,52	90,5	39,7	7,93		10		36,74
BB 4	74,4	2.689,52	92,4	37,8	7,55		10		35,00
BL 1	73,4	2.689,52	91,4	22,3	4,45		10		20,64
BL 3	74,5	2.689,52	92,5	37,4	7,55		10		34,98
2 kHz									

Tabel 2. % ALCons Speech (lanjutan)

Titik Ukur	SPL	A	PWL	d	Q	RT	n	V	% ALCons
Banyak Jemaah									
2 kHz									
TR 1	77,1	2.682,31	95,09	9,8	1,96	1,31	10	23.670,81	7,81
TR 3	76,2	2.682,31	94,19	18,7	3,74		10		14,9
TR 4	74,7	2.682,31	93,49	27,7	5,55		10		22,07
BB 1	73,7	2.682,31	91,69	18,2	3,64		10		14,05
BB 3	72,5	2.682,31	90,49	39,7	7,95		10		31,63
BB 4	74,4	2.682,31	92,39	37,8	7,57		10		30,11
BL 1	73,4	2.682,31	91,39	22,3	4,46		10		17,77
BL 3	74,5	2.682,31	92,49	37,4	7,57		10		30,11

5. Kesimpulan

Gambaran kondisi objektif akustik ruang masjid Al Markaz Al Islami Makassar adalah :

- Tingkat tekanan suara rata-rata aktivitas *speech* memenuhi persyaratan untuk kejelasan yang baik dari pembicaraan.
- Distribusi suara aktivitas *speech* kurang merata pada kondisi ruang terisi sedikit jemaah yaitu pada pelaksanaan ibadah hari-hari biasa dimana terdapat perbedaan tingkat tekanan suara >3 dB.
- Tingkat bising latar belakang di dalam ruang masjid melebihi angka yang direkomendasikan untuk kondisi mendengar yang baik.
- Tingkat dengung ruang masjid pada kondisi kosong dan terisi sedikit jemaah sangat tinggi.
- Tingkat kejelasan pembicaraan pada kondisi ruang terisi sedikit jemaah kurang hingga buruk.

Distribusi suara di dalam ruang masjid dipengaruhi oleh rancangan sistem tata suara, seperti setting volume dan posisi penempatan *loudspeaker*. Sementara tingkat dengung yang tinggi (*excessive reverberation*) yang berpengaruh pada intelligibilitas suara/pembicaraan dan tingkat bising akibat pantulan di dalam ruang masjid dipengaruhi oleh geometri (bentuk, dimensi dan volume) ruang dan bahan permukaan ruang yang terdiri dari

bahan pemantul kuat yang cukup dominan.

6. Daftar Pustaka

- , *Intelligibility*, <http://www.acoustics.salford.ac.uk>, diakses 8/2/2008.
- , *Intelligibility Conversion*, <http://www.Sengpielaudio.com>, diakses 7/2/2008.
- Day, B.F., Ford, R.D. & Lord, P. (Ed), 1969, *Building Acoustics*, Elsevier Publishing Company LTD, London.
- Doelle, Leslie L., 1993, *Akustik Lingkungan*, Terjemahan oleh Lea Prasetyo, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Icha, Venanda, Soegijanto, & Triyogo, R, 2005, *Study on The Effects of Ceiling Shape to The Acoustics Condition of Masjid by Means of Computer Simulation*, Makalah disajikan dalam *The 6th International Seminar on Sustainable Environment and Architecture*, Department of Architecture ITB, Jakarta, 19-20 September 2005.
- Istiadj, A.D. & Binarti, F., 2007, *Studi Simulasi Ecotect sebagai Pendekatan Redesain Akustik Auditorium*, <http://www.petra.ac.id/~puslit/journals>, diakses 29/8/2008.

Kayili, M., 2005, *Acoustic Solutions in Classic Ottoman Architecture*, FSTC limited, (<http://www.muslimheritage.com/uploads/acoustics.pdf>, diakses 14 Agustus 2007).

Lawrence, Anita, 1970, *Architectural Acoustics*, Applied Science Publishers Ltd, London.

Mariani, 2008, *Karakteristik Akustik terhadap Geometri, Bahan, dan Sistem Tata Suara Ruang Masjid Al Markaz Al Islami Makassar*, Tesis tidak diterbitkan, Program Pascasarjana Teknik Arsitektur Unhas.

Mediastika, Christina E., 2005, *Akustika Bangunan. Prinsip-prinsip dan Penerapannya di Indonesia*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Rettinger, M., 1977, *Acoustic Design and Noise Control, Volume II*, Chemical Publishing Co., New York.

Soegijanto, 2001, *Penelitian Kinerja Akustik Masjid di Indonesia*, Laporan Hasil Penelitian Tahun I Hibah Bersaing Perguruan Tinggi IX, Fakultas Teknologi ITB.

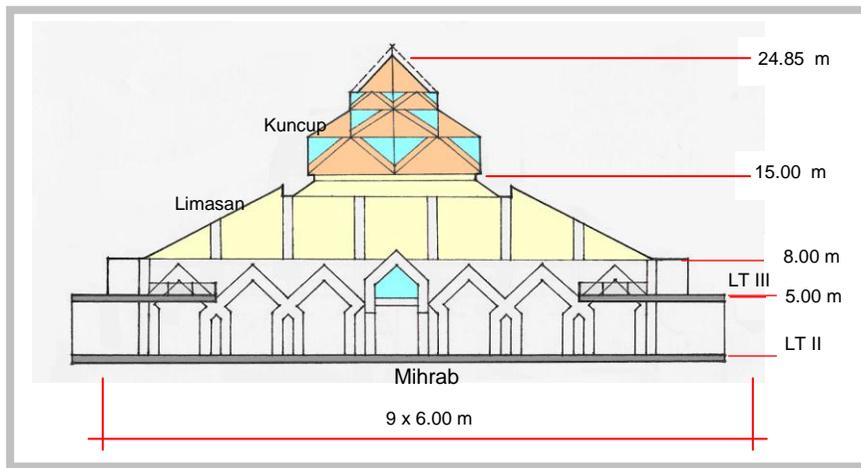
Lampiran Gambar



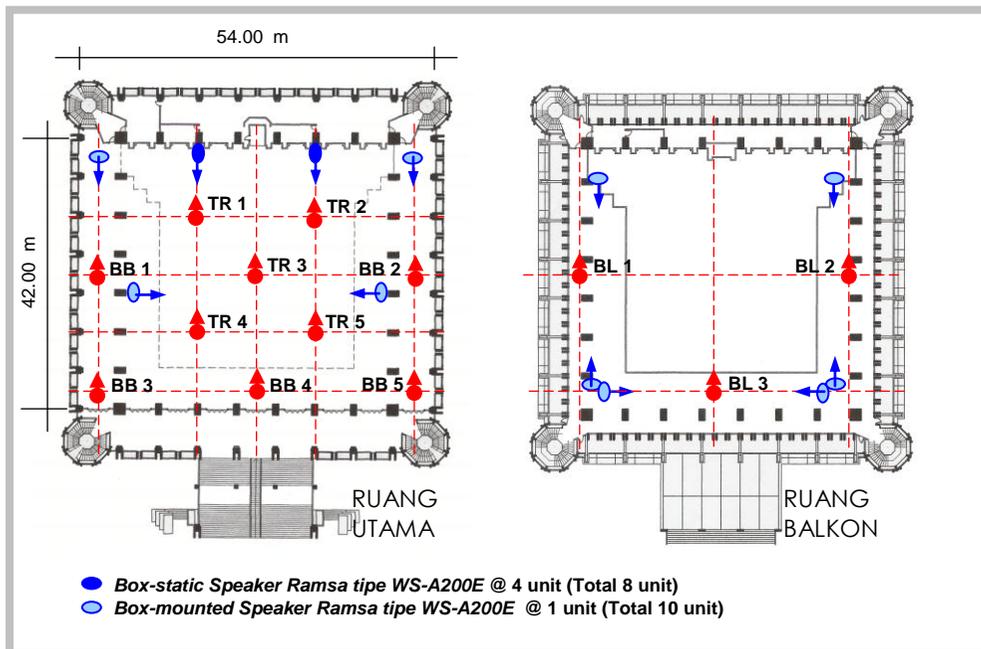
Gambar 1. Masjid Al Markaz Al Islami Makassar



Gambar 2. Interior Ruang Masjid Al Markaz Al Islami



Gambar 3. Irisan Selatan-Utara Ruang Masjid



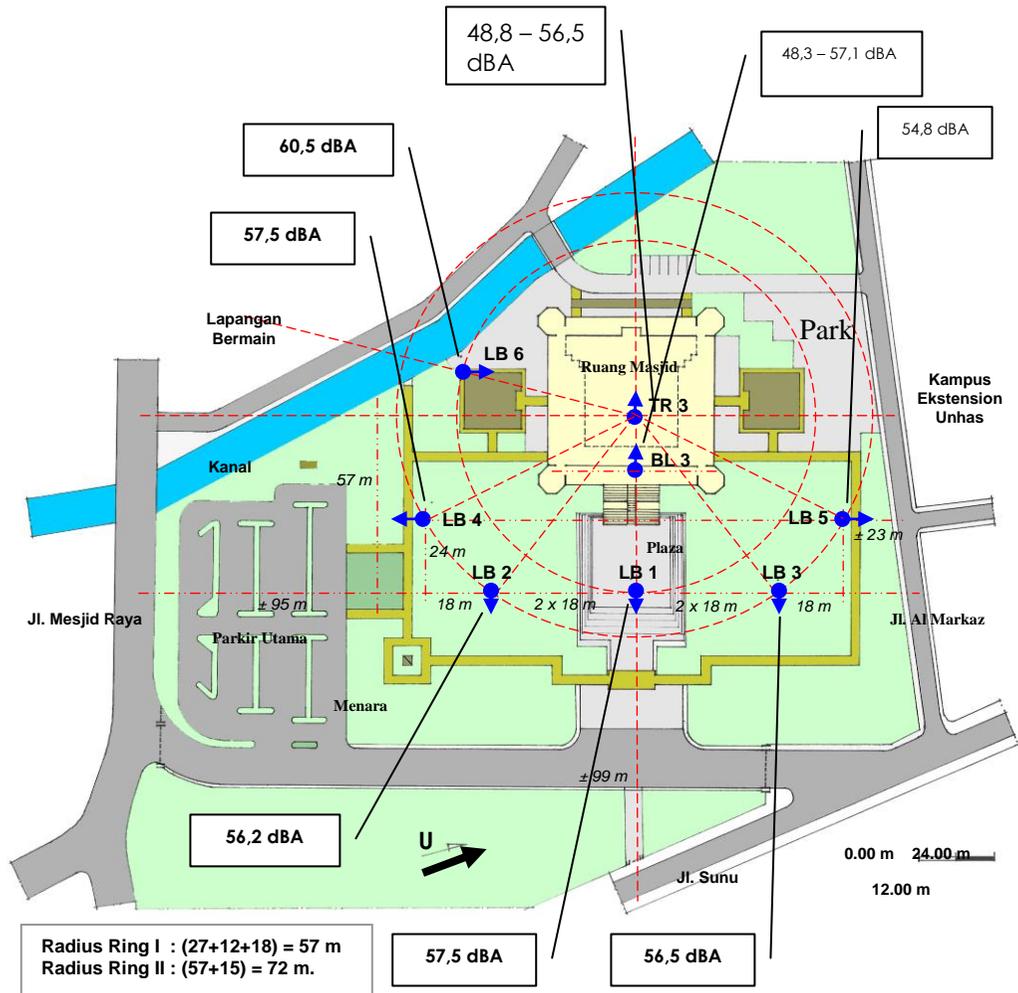
Gambar 4. Denah Perletakan Titik Ukur TTS dan Posisi Loudspeaker



Gambar 5. Pengisian ruang oleh Jamaah pada Speech Jumat
(Sumber : Dokumentasi Mariani, 2007)



Gambar 6 Pengisian ruang oleh Jamaah pada Speech Hari Biasa
(Sumber : Dokumentasi Mariani, 2007)



Gambar 7. Tingkat Bising di Dalam dan Di Luar Bangunan Masjid
 (Sumber : Analisis hasil pengukuran,2007)