

PENGARUH KOMBINASI REFLEKTOR DAN *DIFFUSOR* PADA LANGIT-LANGIT TERHADAP KINERJA AKUSTIK AUDITORIUM GEDUNG TOKONG NANAS DENGAN MENGGUNAKAN SUMBER SUARA ALAMI

THE INFLUENCE OF REFLECTOR AND DIFFUSOR COMBINATION ON THE CEILING TOWARD ACOUSTICS PERFORMACE AT TOKONG NANAS BUILDING'S AUDITORIUM WITH NATURAL SPEECH

Hasna Nur Aini Fadhilah¹, Suwandi², Muh. Saladin Prawirasasra³.

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

¹hasnafadh@gmail.com, ²suwandi.sains@gmail.com, ³prawirasasra.bibin@gmail.com

Abstrak

Pada tugas akhir ini dilakukan dua tahap penting yaitu pengukuran lapangan dan modifikasi melalui simulasi CATT Acoustics. Objek pengukuran lapangan ini adalah auditorium lantai delapan Gedung Tokong Nanas Universitas Telkom. Berdasarkan fungsinya, auditorium dikategorikan sebagai room for speech yang erat kaitannya dengan penyampaian informasi. Kejelasan informasi yang disampaikan dapat dipengaruhi oleh parameter akustik dan material penyusun ruangan. Parameter akustik pada auditorium tersebut memiliki nilai RT 1,16 s – 1,56 s, LL 5,8 dB, dan STI 68% yang berarti tidak memenuhi rekomendasi room for speech. Untuk itu, dilakukan modifikasi melalui simulasi CATT Acoustics dengan mengubah koefisien bahan dan letak reflektor dan diffusor pada langit-langit auditorium dengan menggunakan natural speech sebagai sumber suara. Dari hasil simulasi dinyatakan bahwa penggunaan natural speech dengan modifikasi pada langit-langit tidak dapat memenuhi rekomendasi room for speech.

Kata kunci: auditorium, parameter akustik objektif, reflektor, *diffusor*, *natural speech*.

Abstract

In this final project was conducted two important stages that is measurement and simulation using CATT Acoustics. The object of measurement in this final project is the eight floor auditorium of Tokong Nanas Building, Telkom University. Based on its function, the auditorium is categorized as a room for speech that is closely related to the delivery of information. Clear information depend of acoustics performance which appointed by the auditorium acoustic parameters. The acoustic parameters in the auditorium have a value of RT 1.16 s - 1.56 s, LL 5.8 dB, and STI 68% which means not accord the recommendation of room for speech. For this reason in this research do modifications through CATT Acoustics simulation by changing the material coefficient and position of the reflector and diffusor on the auditorium ceiling by used natural speech as sound source. From the simulation result stated that the use of natural speech with modification on the ceiling can not accord the recommendation of the room for speech.

Keywords: auditorium, objective acoustics parameters, reflector, diffusor, natural speech.

1. Pendahuluan

Auditorium Gedung Tokong Nanas Universitas Telkom merupakan objek pengukuran tugas akhir ini. Berdasarkan fungsinya, auditorium dikategorikan sebagai *room for speech* yang erat kaitannya dengan penyampaian informasi antara pembicara dengan pendengar. Kejelasan informasi yang disampaikan dapat dipengaruhi oleh kinerja akustik yang ditentukan oleh parameter akustik ruangan itu sendiri. Selain parameter akustik, material penyusun ruangan juga dapat mempengaruhi kinerja akustik pada ruangan tersebut. Material penyusun tersebut yaitu material penyerap (*absorber*), penyebar (*diffusor*), serta pemantul (reflektor). Permukaan dinding biasanya dimanfaatkan sebagai reflektor yang efektif^[1]. Pengaplikasian *absorber* atau *diffusor* sebagai interior juga dapat menyebarkan energi pantul ke berbagai arah sehingga mampu meniadakan pantulan suara^[1]. Peletakkan *absorber* dan *diffusor* pada bidang reflektor paralel juga dapat mengubah energi suara dari satu arah menjadi ke beberapa arah^[1]. Pada penelitian sebelumnya, pemasangan *absorber* pada langit-langit ruangan dengan memodifikasi nilai koefisien absorpsi dan mengubah luas penampang diperoleh hasil koefisien absorpsi yang besar sehingga akan membuat energi suara yang datang diserap lebih banyak^[2]. Pada penelitian lain, material dengan koefisien absorpsi tinggi serta volume ruang yang besar mampu memberikan nilai RT yang rendah^[3].

Salah satu kendala yang sering terjadi pada ruangan bervolume besar seperti auditorium adalah suara yang kurang cukup terdengar, tidak terarah, dan kurang merata. Suara ideal didengar oleh penerima/pendengar berkisar antara 40-60dB^[4]. Sumber suara alami manusia (*natural speech*) relatif sulit untuk memenuhi ruangan. Hal tersebut berkaitan dengan atenuasi intensitas suara terhadap jarak (*inverse-square law*). Pada pemanfaatan *natural*

speech, indeks arah juga perlu diperhatikan untuk mengetahui keterarahan sumber suara. Solusi lain untuk membantu memantulkan *natural speech* ke arah-arah tertentu agar cukup dan merata yaitu dengan pengaplikasian reflektor. Pengaplikasian *diffusor* akan membantu menghamburkan (menyebarkan) bunyi dan meningkatkan RT tanpa menyebabkan gema. Penggunaan *diffusor* juga dinilai mampu mendistribusikan SPL secara merata karena *diffusor* tidak mengurangi energi bunyi yang datang^[5].

Untuk itu, akan dilakukan modifikasi pada langit-langit auditorium lantai delapan Gedung Tokong Nanas Universitas Telkom dengan menggunakan *natural speech* sebagai sumber suara. Modifikasi tersebut berupa kombinasi material reflektor dan *diffusor* dengan mengubah koefisien bahan serta letak posisinya melalui simulasi menggunakan *software CATT Acoustic*.

2. Dasar Teori

2.1 Bunyi dalam Ruangan

Material akustik untuk menunjang pengondisian akustik dalam ruang, umumnya terdiri dari:

- a. Penyerap suara (*Absorber*)
Prinsip kerja *absorber* sama dengan peristiwa absorpsi atau penyerapan bunyi. Absorpsi merupakan perubahan energi bunyi menjadi suatu bentuk lain ketika melewati material absorber tersebut, biasanya energi panas.
- b. Pemantul suara (Reflektor)
Prinsip kerja reflektor sama dengan peristiwa refleksi atau pemantulan bunyi. Refleksi terjadi saat bunyi yang datang pada suatu permukaan akan dipantulkan kembali ke arah yang berlawanan dari bunyi datang dengan sudut yang sama.
- c. Penyebar suara (*Diffusor*)
Prinsip kerja *diffusor* sama dengan peristiwa *diffuse* atau penyebaran bunyi. *Diffuse* terjadi ketika sebagian gelombang bunyi yang datang mengenai permukaan yang tidak rata kemudian memantul ke segala arah dengan arah pantul yang tidak teratur.

2.2 Sound Pressure Level (SPL)

Sound pressure level (SPL) atau tingkat tekanan bunyi merupakan nilai yang menunjukkan perubahan tekanan di dalam udara dikarenakan adanya perambatan gelombang bunyi.

2.3 Inverse-square Law

Inverse-square Law adalah hukum yang menyatakan bahwa pada jarak yang semakin jauh, intensitas suara akan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari sumber suara ke pendengarnya^[6].

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \quad (1)$$

Dengan,

- I_1 : intensitas bunyi titik 1 (watt/m²)
- I_2 : intensitas bunyi titik 2 (watt/m²)
- r_1 : jarak sumber bunyi terhadap titik 1 (m)
- r_2 : jarak sumber bunyi terhadap titik 2 (m)

2.4 Parameter Objektif

a. Reverberation Time (RT)

Reverberation Time (RT) atau waktu dengung merupakan waktu yang dibutuhkan oleh ruang untuk meluruhkan energi sebesar 60 dB sejak sumber suara dimatikan, atau dengan kata lain RT menunjukkan berapa lama energi bunyi dapat bertahan di dalam ruangan. Waktu peluruhan ini dapat diukur menggunakan konsep energi impuls.

b. Listening Level (LL)

LL merupakan selisih tingkat pendengaran antara sumber suara dengan titik pendengar terdekat dan terjauh, dengan nilai selisih tersebut tidak boleh melebihi 10 dB.

c. Definition (D50)

D50 merupakan rasio antara energi yang datang pada 50 ms pertama dengan total energi total yang datang di titik penerima.

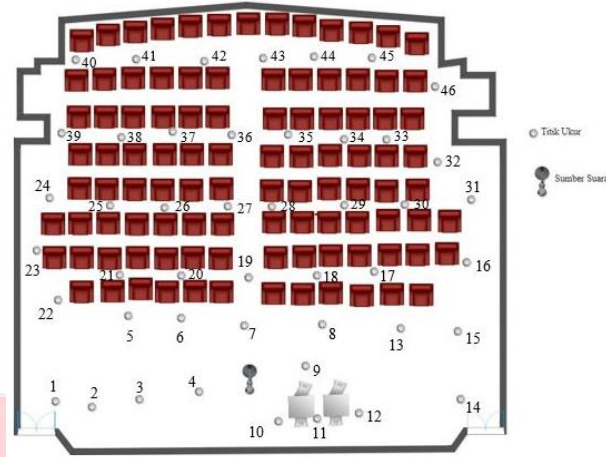
d. Speech Transmission Index (STI)

STI merupakan parameter tingkat kejelasan bunyi percakapan dari berbagai posisi pendengar dalam konfigurasi yang sama.

3. Pembahasan

3.1 Hasil pengukuran lapangan dan simulasi kondisi aktual

Pengukuran lapangan di auditorium lantai delapan gedung Tokong Nanas Universitas Telkom. Pada saat melakukan pengukuran lapangan, ruangan dalam keadaan kosong. Parameter objektif yang didapatkan pada pengukuran lapangan yaitu RT, LL, dan STI. Pada **Gambar 1** menampilkan denah 46 titik pengukuran.

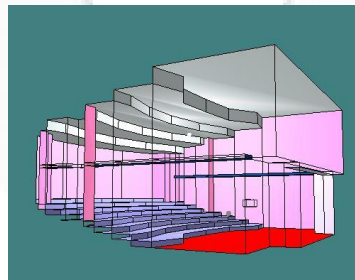


Gambar 1 Denah 46 titik pengukuran

Pada **Tabel 1** menunjukkan hasil pengukuran lapangan. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa auditorium hanya memenuhi 1 dari 3 nilai rekomendasi *room for speech* yaitu LL. Setelah melakukan pengukuran lapangan, maka tahapan selanjutnya adalah simulasi kondisi aktual ruangan dan validasi, simulasi dilakukan menggunakan *software CATT Acoustic*. **Gambar 2** menunjukkan hasil simulasi geometri ruangan. Tahapan selanjutnya adalah memvalidasi hasil pengukuran lapangan dengan hasil simulasi aktual dengan cara menyamakan hasil pengukuran lapangan dengan hasil simulasi aktual. Nilai validasi yang diperoleh dikatakan valid dengan hasil *error* kurang dari 5%. Pada simulasi ini, hasil *error* kurang dari 5%.

Tabel 1 Hasil pengukuran dan rekomendasi ruangan

Parameter	Hasil Pengukuran Lapangan	Nilai Rekomendasi Room for Speech
<i>Listening Level</i>	5,1 dB	< 10 dB
RT	1,16 s – 1,56 s	0,6 s – 0,8 s
STI	58	≥ 75 % (Sangat Baik)



Gambar 2 Hasil simulasi geometri ruangan tampak samping

3.2 Hasil simulasi

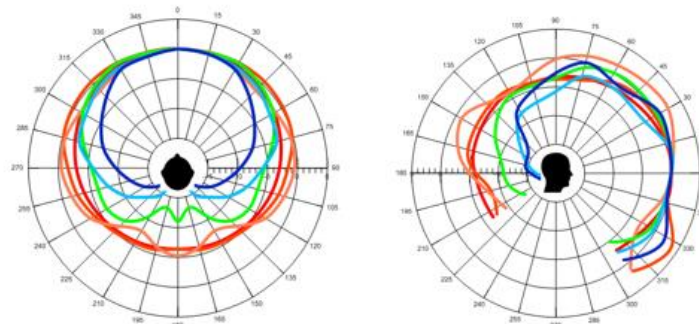
Simulasi dilakukan dengan 4 konfigurasi. Konfigurasi 1 yaitu dengan menggunakan material *diffusor* dengan mengubah letak posisi *diffusor*, konfigurasi 2 yaitu menggunakan material reflektor dengan mengubah letak posisi reflektor, konfigurasi 3 yaitu menggunakan material *reflektor* pada langit-langit bagian depan serta menggunakan material *diffusor* pada langit-langit bagian belakang dan sebaliknya, serta konfigurasi 4 yaitu meletakkan posisi material reflektor dan *diffusor* berselang-seling. Seluruh konfigurasi menggunakan *natural speech* sebagai sumber suara. Material dan koefisien yang digunakan pada simulasi ditunjukkan pada **Tabel 2** sebagai berikut.

Tabel 2 Nama material serta nilai koefisien reflektor dan *diffusor*^[7,8]

Jenis Bahan	Nama Material	Koefisien absorpsi & Koefisien hamburan					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Reflektor 1 (R₁)	Papan gipsum, tebal 1/2"	0,29	0,10	0,05	0,04	0,07	0,09
Reflektor 2 (R₂)	Panel kayu, tebal 1/4"	0,42	0,21	0,10	0,08	0,06	0,06
Reflektor 3 (R₃)	Plywood, tebal 3/8"	0,28	0,22	0,17	0,09	0,10	0,11
Diffusor 1 (D₁)	Hybrid absorber-diffuser (BAD™ panel mounted on 2,5 cm fibreglass)	0,17 & 0,39	0,40 & 0,23	0,86 & 16	0,99 & 0,11	0,84 & 0,19	0,61 & 0,29
Diffusor 2 (D₂)	2D. N=7 QRD as line above with cloth covering	0,16 & 36	0,17 & 0,22	0,28 & 0,32	0,41 & 0,28	0,26 & 0,37	0,30 & 0,26
Diffusor 3 (D₃)	1D. N=7 QRD as line above with cloth covering	0,13 & 36	0,14 & 0,22	0,20 & 0,32	0,24 & 0,28	0,20 & 0,37	0,23 & 0,26

3.2.1 Simulasi Natural Speech sebagai Sumber Suara

Pada pemodelan simulasi modifikasi dengan *software* CATT *Acoustics* ini sumber suara yang digunakan adalah *natural source* (*natural speech*). Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat *directivity plane* dengan referensi pada **Gambar 3**.

**(a)** **(b)****Gambar 3** Directivity^[8]**(a)** Horizontal plane **(b)** Vertical Plane

Langkah selanjutnya yaitu memasukkan nilai SPL pada jarak 1 meter. Pada **Tabel 2**, dijelaskan terdapat 4 cara berbicara yaitu normal, *raised*, *loud*, dan *shouted*. Dari keempat cara berbicara tersebut yang digunakan sebagai referensi pada simulasi CATT *Acoustics* yaitu *shouted* karena dibandingkan dengan yang lain hanya cara berbicara *shouted* yang memiliki SPL sekitar 67 dB sampai dengan jarak terjauh (*audience* belakang).

Tabel 2 Referensi SPL pada jarak 1 meter^[8]

Frekuensi (Hz)	SPL pada Jarak 1 Meter (dB)			
	Normal	Raised/Tinggi	Loud/Keras	Shouted/Berteriak
125	48	51	50	42
250	51	56	60	76,5
500	54	60	69	74
1000	45	52	65	79
2000	40	48	59,5	72,5
4000	39	44	53,5	69

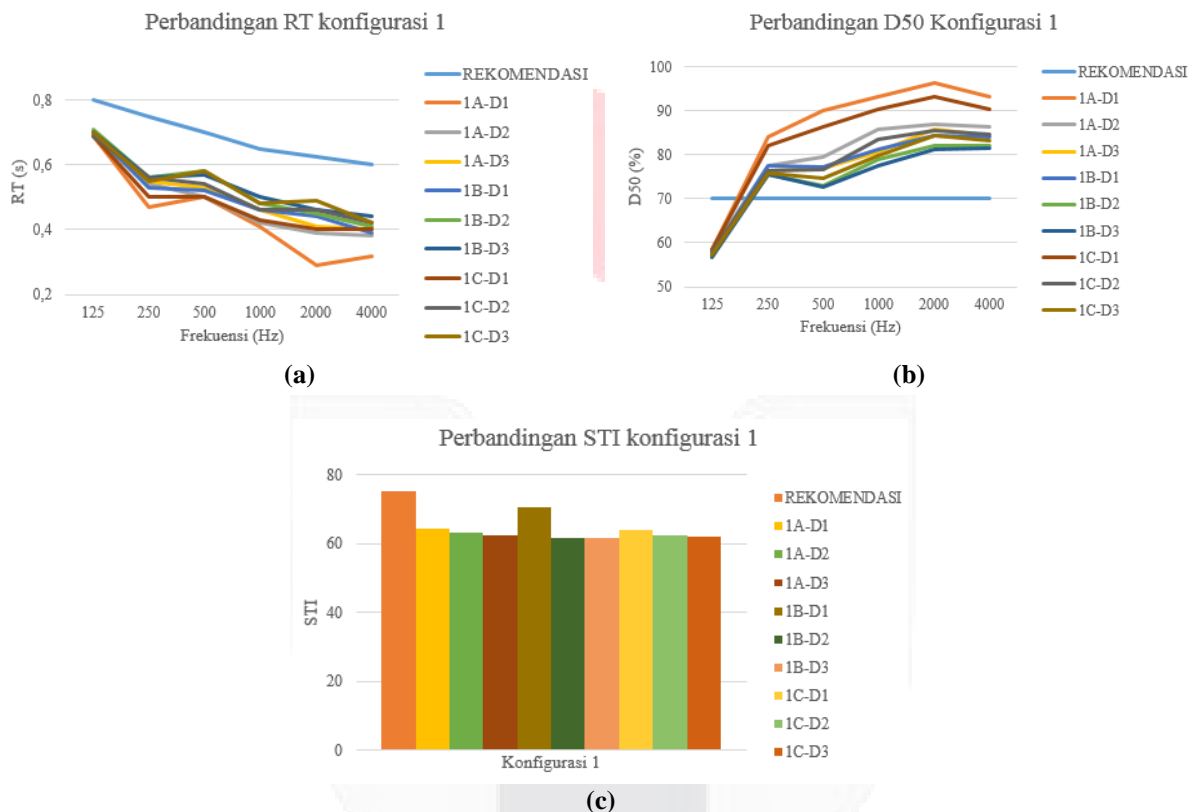
Tabel 3 Nilai rata-rata parameter akustik menggunakan *natural speech*

Parameter Akustik	Frekuensi (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
RT (s)	1,05	0,66	0,68	0,57	0,65	0,5
D50 (%)	57,9	76,5	70,9	77,1	80,4	80,6
STI (%)	67 (Baik)					

Berdasarkan **Tabel 3** diketahui bahwa *natural speech* sebagai sumber yang belum memungkinkan sebagai sumber suara pada ruang auditorium karena tidak ada nilai parameter yang memenuhi nilai rekomendasi *room for speech*.

3.2.2 Simulasi Konfigurasi 1 (Hanya Diffusor)

Konfigurasi 1 menggunakan material *diffusor* dengan mengubah tiga posisi *diffusor*, yaitu di seluruh permukaan langit-langit (1A), hanya pada langit-langit bagian depan (1B), dan hanya pada langit-langit bagian belakang (1C).

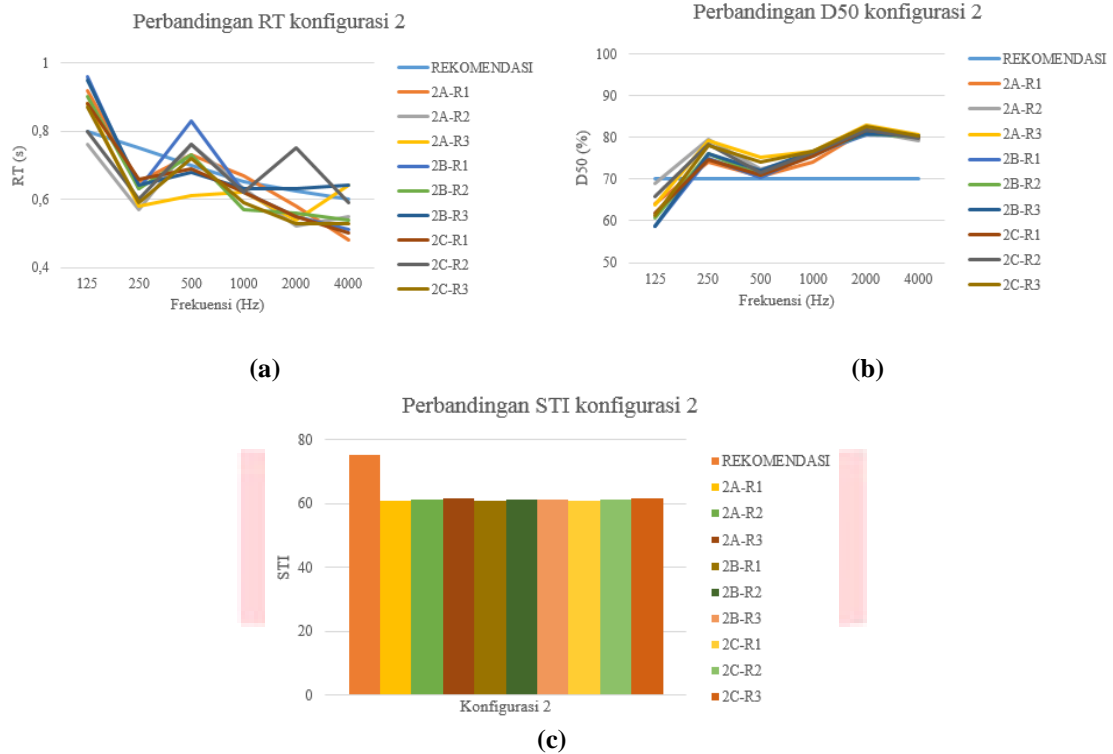


Gambar 4 Grafik parameter konfigurasi 1
(a) Nilai RT (b) Nilai D50 (c) STI

Berdasarkan **Gambar 4**, secara keseluruhan konfigurasi 1 tidak memenuhi rekomendasi *room for speech*.

3.2.3 Simulasi Konfigurasi 2 (Hanya Reflektor)

Konfigurasi 2 menggunakan material reflektor dengan mengubah posisi reflektor di seluruh permukaan langit-langit (2A), hanya pada langit-langit bagian depan (2B), dan hanya pada langit-langit bagian belakang (2C) serta mengubah sumber suara menjadi *natural speech*.

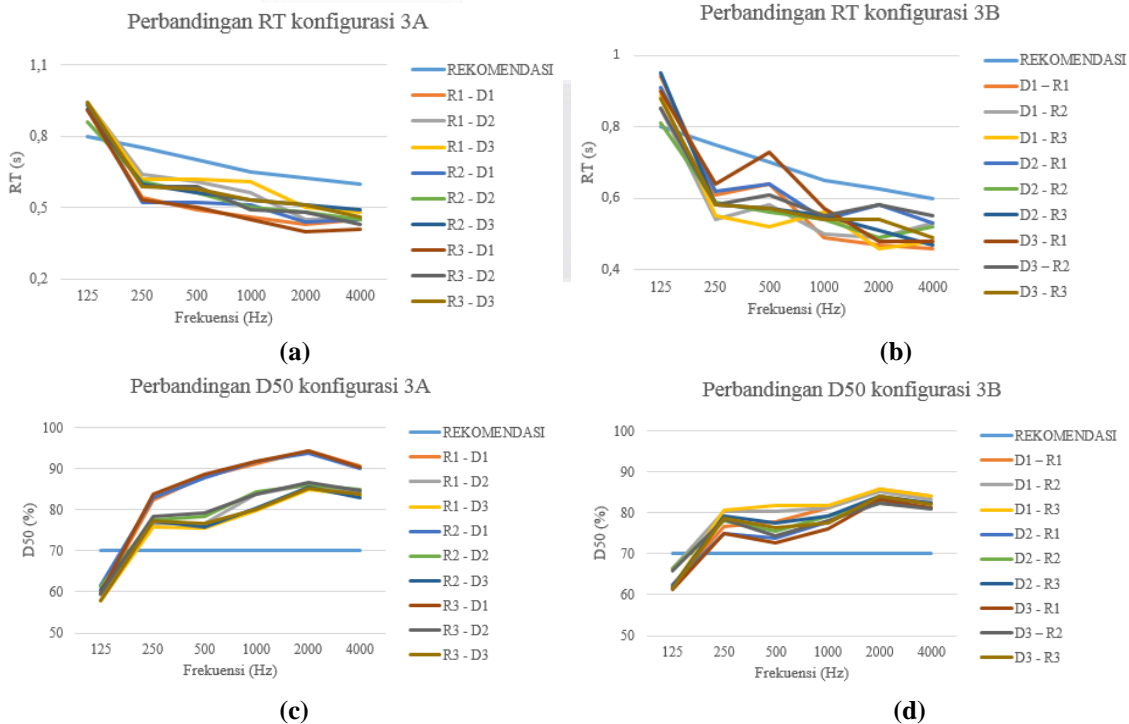


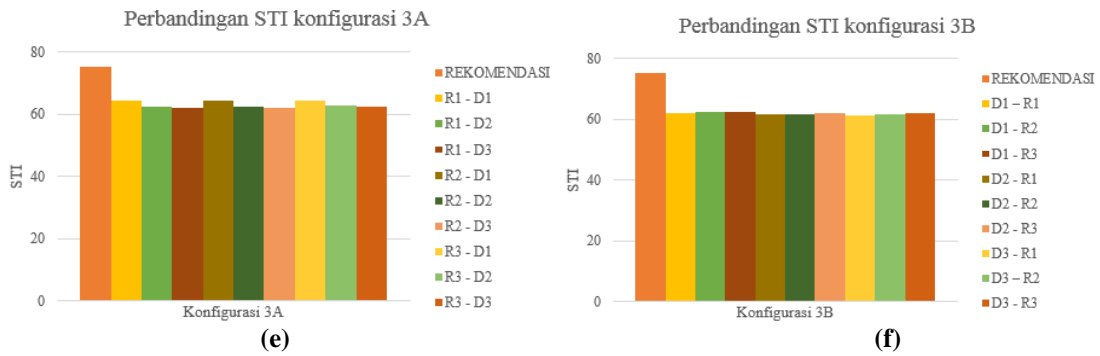
Gambar 5 Grafik parameter konfigurasi 2
(a) Nilai RT (b) Nilai D50 (c) STI

Berdasarkan Gambar 5 reflektor 2 pada konfigurasi 2C memenuhi nilai RT dengan rentang nilai 0,59 s – 0,8 s. Namun secara keseluruhan tidak ada nilai parameter yang memenuhi nilai rekomendasi *room for speech*.

3.2.4 Simulasi Konfigurasi 3

Pada konfigurasi ini, material reflektor diaplikasikan pada langit-langit bagian depan sedangkan material *diffusor* diaplikasikan pada langit-langit bagian belakang (3A), dan sebaliknya material *diffusor* diaplikasikan pada langit-langit bagian depan sedangkan material reflektor pada langit-langit bagian belakang (3B).



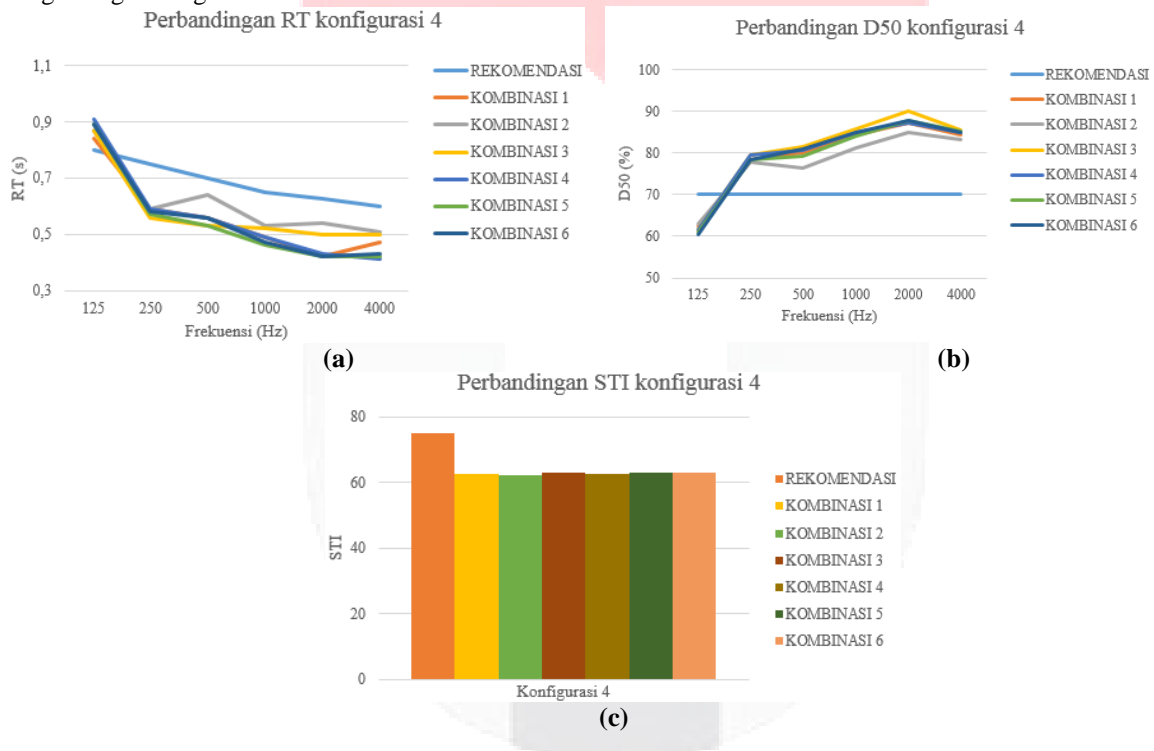


Gambar 6 Grafik parameter konfigurasi 3
 (a) Nilai RT 3A (b) Nilai D50 3A (c) STI 3A (d) Nilai RT 3B (e) Nilai D50 3B (f) STI 3B

Berdasarkan **Gambar 6**, secara keseluruhan tidak ada nilai parameter yang memenuhi nilai rekomendasi *room for speech*.

3.2.5 Simulasi Konfigurasi 4

Simulasi konfigurasi 4 yaitu selang-seling antara material reflektor dan *diffusor* pada seluruh permukaan langit-langit ruangan.



Gambar 7 Grafik parameter konfigurasi 4
 (a) Nilai RT (b) Nilai D50 (c) STI

Berdasarkan **Gambar 7**, pada konfigurasi 4 tidak ada satu pun kombinasi yang memenuhi rekomendasi *room for speech*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan pada tugas akhir ini diketahui hasil pengukuran langsung parameter akustik pada auditorium lantai delapan Gedung Tokong Nanas Universitas Telkom diperoleh nilai parameter akustik yaitu nilai RT berada pada rentang 1,16 s -1,56 s, *listening level* 5,1 dB, dan STI 68 %. Berdasarkan hasil tersebut, auditorium tidak memenuhi kriteria *room for speech*. Berdasarkan total keseluruhan 43 pengaplikasian modifikasi letak posisi reflektor dan *diffusor* dengan beberapa konfigurasi didapatkan nilai mendekati rekomendasi *room for speech* yaitu nilai RT pada reflektor 2 konfigurasi 2C (reflektor di bagian belakang) dengan nilai 0,59 s – 0,8 s.

Daftar Pustaka

- [1] Hawari, Firman, dkk. 2016. "Redesain Interior Ballroom Multifungsi Edelweissm untuk Meningkatkan Kualitas Akustik (Studi Kasus: Ballroom Edelweiss Idjen Suites Malang, Jawa Timur)". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Junita, Fatma. 2015. "Pengaruh Pemasangan Absorber di Langit-langit Terhadap Performansi Akustik di Ruang Rapat P213 Gedung P Universitas Telkom". *Skripsi* Universitas Telkom Bandung.
- [3] Pawestri, Titi Ayu. 2011. "Pengaruh Lay Out Bangunan dan Jenis Material Serap Pada Kinerja Akustik Ruang Kelas Sekolah Dasar di Surabaya". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Sutanti, Andy, dkk. 2014. "Kajian Penerapan Prinsip-Prinsip Akustik Studi Kasus: Ruang Auditorium Multifungsi Gedung P1 dan P2 Universitas Kristen Petra". Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- [5] Kurniawan, Fajar, dkk. 2013. "Pengaruh Variasi Jenis Bahan Terhadap Pola Hamburan pada Difuser MLS (Maximum Length Sequences)". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Sutanto, Handoko. 2015. *Prinsip Prinsip Akustik dalam Arsitektur*. Bandung: PT. Kanisius Bandung.
- [7] Cox, Trevor. J. 2009. *Acoustic Absorbers and Diffusers Theory, Design and Application*. New york : Taylor & Francis.
- [8] Brixen, E.B. 2016. "Facts About Speech Intelligibility"

