



Artikel Penelitian

Unjuk Kerja Kondisi Akustik Ruang Kelas Pembelajaran: Desain Faktorial Umum

B. Handoko Purwojatmiko¹, Dianasanti Salati¹

¹Politeknik STMI Jakarta, Jl Letjend Suprpto No.26, Jakarta Timur, 10510

INFORMASI ARTIKEL

Diterima : 14 Juli 2022
 Direvisi : 28 Agustus 2022
 Diterbitkan : 29 Agustus 2022

KATA KUNCI

ANOVA, Desain Faktorial Umum, Ruang Kelas, Unjuk Kerja Akustik

KORESPONDENSI

E-mail Author Korespondensi:
bhandoko@stmi.ac.id

A B S T R A K

Kinerja akustik di ruang kelas memiliki peranan penting dalam berinteraksi saat kegiatan belajar mengajar. Untuk mendapatkan kondisi kelas yang efektif diperlukan sebuah ruang kelas yang dapat memenuhi kriteria ruangan yang baik. Adapun salah satu faktor yang mempengaruhi kegiatan pembelajaran yaitu faktor lingkungan. Faktor lingkungan digambarkan sebagai keadaan dan suasana ruang kelas yang dipengaruhi oleh faktor kebisingan, pencahayaan, suhu dan lainnya yang dapat mengganggu. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi faktor apa yang memiliki pengaruh signifikan terhadap intensitas suara di ruang kelas dengan menggunakan desain faktorial umum. Desain faktorial umum digunakan untuk menentukan semua kemungkinan efek kombinasi dari masing-masing faktor. ANOVA selanjutnya digunakan untuk menganalisis faktor yang signifikan dan interaksi antar faktor tersebut. Faktor yang menjadi pertimbangan dalam penelitian ini adalah faktor frekuensi dan kondisi pendingin ruangan. Hasil yang didapatkan yaitu faktor frekuensi menjadi faktor yang paling signifikan mempengaruhi tingkat intensitas suara dengan menggunakan taraf signifikansi 5%. Pendingin ruangan juga memiliki pengaruh terhadap tingkat intensitas suara ketika suhu diatur menjadi sangat rendah yang mengakibatkan kompresor pendingin ruangan akan bekerja lebih keras sehingga menghasilkan tingkat kebisingan tertentu di dalam ruangan. Oleh karena itu diperlukan peneras suara tambahan yang didesain khusus untuk ruang kelas agar kegiatan belajar mengajar menjadi lebih efektif terutama dalam penyampaian informasi. Selain itu, penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan melakukan perancangan ulang ruangan berdasarkan data dari penelitian ini.

PENDAHULUAN

Ruang kelas adalah salah satu bentuk dari fasilitas umum yang biasanya terdapat di tempat pembelajaran seperti tingkat sekolah dasar hingga perguruan tinggi. Di dalam ruang kelas tersebut umumnya terjadi interaksi yang berbentuk komunikasi antara pengajar dengan peserta didik. Komunikasi menjadi hal utama terjadinya proses belajar mengajar yang akan memberikan pengaruh terhadap prestasi dari peserta didik. Pentingnya komunikasi sebagai sarana pembelajaran memaksa tingkat interaksi yang tinggi antara pengajar dan peserta didik (Pate et al., 2022).

Proses pembelajaran yang efektif umumnya dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal (Syafi'i et al., 2018). Faktor internal adalah faktor yang bersumber dari dalam diri peserta didik seperti kondisi jasmani, kondisi psikologis, dan lain-lain. Faktor eksternal banyak

dipengaruhi oleh faktor yang bersumber dari luar peserta didik seperti kondisi ruangan, metode pembelajaran dan lain-lain. Salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi tingkat efektifitas dalam suatu proses pembelajaran yaitu tersedianya ruang kelas yang memenuhi standar akustik ruang (Gramez & Boubenider, 2017). Standar yang digunakan di Indonesia yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI) yang mengatur tingkat bunyi untuk ruang kelas adalah 35 dBA sampai 40 dBA dengan waktu dengung yang diperbolehkan adalah 0,6 sampai 0,7 detik (Artayani & Kasim, 2017).

Unjuk kerja kondisi ruang akustik mengarah kepada bagaimana perilaku pola penyebaran suara yang terjadi dalam suatu ruangan yang dipengaruhi oleh dimensi ruangan serta material penyusun yang terdapat di dalam ruangan tersebut (Choi, 2016). Ruang kelas yang memenuhi standar kecukupan dalam kualitas akustik ruang akan memberikan dampak signifikan terhadap proses belajar mengajar (Zannin & Zwirnes, 2009). Kualitas akustik

This is an open access article under the CC-BY-NC license



ruang yang baik dapat memberikan kondisi yang optimal bagi peserta didik untuk menerima dan mencerna informasi dengan baik sehingga mampu memahami materi dalam pembelajaran secara jelas (Madbouly et al., 2016). Umumnya dalam proses belajar mengajar di ruang kelas, pengajar akan menggunakan bantuan pengeras suara dalam menyampaikan materi. Namun hal tersebut hanya akan membuat suara bergema yang akan mengganggu konsentrasi peserta didik dalam menerima informasi jika kualitas akustik ruang dalam ruang kelas tersebut tidak diperhatikan secara tepat.

Perancangan dalam akustik ruang bertujuan untuk menghasilkan kondisi akustik yang baik dan optimal bagi penerima informasi (Madbouly et al., 2016). Akustik merupakan bidang ilmu baru yang masih membutuhkan berbagai eksperimen. Penerapan bidang akustik dalam kehidupan sehari-hari umumnya tercermin dalam bidang ilmu yang berfokus pada fenomena alam terkait gelombang, bunyi dan getaran. Sebuah ruangan dapat dikatakan memiliki kualitas akustik yang baik apabila memiliki kondisi lingkungan yang kondusif sesuai dengan fungsi dari ruangan tersebut (Gramez & Boubenider, 2017). Secara umum karakteristik akustik ruang terdiri dari tingkat keras suara (*loudness*), tingkat kejelasan suara (*clarity*) dan kehidupan suara (*liveness*).

Akustik ruang dipengaruhi dari bentuk geometris ruangan dan jumlah orang yang berada di dalam ruangan tersebut pada waktu tertentu. Gelombang suara yang dihasilkan oleh sumber bunyi akan bergerak lurus, kemudian dipantulkan apabila mengenai permukaan keras dan akan diserap apabila mengenai permukaan yang lunak (Brinkmann et al., 2021). Jika terdapat sumber bunyi yang berasal dari seseorang yang sedang berbicara di depan kelas dan mengenai dinding ruangan yang memiliki karakter permukaan keras, maka suara yang dihasilkan akan dipantulkan terlebih dahulu sebelum suara tersebut menghilang dan tidak dapat didengarkan kembali. Sebaliknya apabila seseorang berbicara pada kondisi ruangan yang memiliki permukaan lunak, maka suara yang dihasilkan tidak akan dipantulkan melainkan diserap.

Kualitas akustik ruang yang baik dapat menciptakan situasi yang kondusif dalam proses belajar mengajar sehingga pengajar dapat mengatur tingkat suara dengan nyaman serta dengan mudah dipahami oleh peserta didik dalam ruang kelas. Perancangan akustik ruang yang baik dapat dicapai dengan memperhatikan kualitas bahan yang digunakan dalam pembuatan ruangan dan mengendalikan sumber kebisingan. Selain itu ukuran dan bentuk ruang dapat memberikan dampak signifikan terhadap kualitas akustik ruang. Terdapat satu kasus ruang kelas yang memiliki kualitas akustik ruang yang kurang baik yaitu sebuah ruang kelas yang berada disalah satu Lembaga

Pendidikan tinggi berlokasi di tengah kota Jakarta yang juga difungsikan sebagai ruang rapat. Interior ruang kelas tersebut menggunakan lantai keramik, memiliki bukaan pada dua sisi dinding (kanan dan kiri dinding papan tulis), menggunakan dinding bata plester, cat dan menggunakan plafon gypsum. Material yang digunakan pada ruang kelas tersebut dapat menjadi pemantul suara yang baik dimana akan menyebabkan suara bergema.

Penelitian mengenai akustik ruang telah banyak dilakukan sebelumnya. Paulo Henrique dan Daniele Petri (2012) dalam bukunya mengungkapkan bahwa tingkat kenyamanan akustik dipengaruhi beberapa hal seperti tingkat kebisingan sekitar, isolasi suara, waktu dengung, kejelasan ucapan dan bahan dinding yang digunakan sehingga menghasilkan kualitas akustik ruang yang sama baik di ruang sekolah dasar maupun ruang kuliah di perguruan tinggi (Puglisi et al., 2015). Penelitian lain terkait akustik ruang menggunakan persepsi kebisingan oleh peserta didik dan pengajar serta efek kebisingan terhadap keduanya (Minelli et al., 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lebih dalam bagaimana evaluasi unjuk kerja akustik ruang pada sebuah ruang kelas pada salah satu lembaga Pendidikan. Kontribusi dari penelitian ini yaitu untuk dapat merancang dan menentukan perbaikan kualitas akustik pada suatu ruang pembelajaran agar dapat meningkatkan suasana kondusif dalam kegiatan belajar mengajar sehingga informasi yang diberikan dapat ditangkap dengan baik. Selain itu, penelitian ini juga akan mempelajari karakteristik pemetaan suara yang dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor pertama yaitu pengaruh jarak dari sumber bunyi ke penerima serta pengaruh kebisingan lainnya. Dalam menentukan pengaruh masing-masing faktor maka digunakan metode desain eksperimen yaitu desain faktorial umum. Desain faktorial umum banyak digunakan pada penelitian sebelumnya untuk menganalisis hubungan antar faktor secara sistematis (Jankovic et al., 2021). Penelitian ini kemudian akan menjelaskan bagaimana eksperimen yang dirancang secara statistik selanjutnya digunakan sebagai metode untuk melakukan identifikasi pengaruh dari setiap faktor yang ada dalam pemetaan suara di dalam kelas sebagai upaya untuk menganalisis kualitas akustik ruang. Umumnya, sebuah ruang kelas memiliki pengeras suara di sudut ruangan dan juga pendingin ruangan (*air conditioner*) dimana kedua hal tersebut menimbulkan suara yang dapat mempengaruhi kinerja akustik ruang.

METODE

Model ekperimental yang digunakan dalam penelitian ini akan melihat efek hubungan dari variabel bebas dan variabel terikat serta efek interaksi dari kedua variabel

tersebut. Desain faktorial adalah suatu metode yang digunakan terhadap satu atau lebih variabel untuk mempelajari pengaruh dari masing-masing variabel dimana terdapat variabel bebas dan variabel terikat (Fávero & Belfiore, 2019). Desain faktorial juga dapat diartikan sebagai desain eksperimental yang terdiri dari interaksi beberapa faktor (Jankovic et al., 2021). Dalam setiap faktor terdapat dua atau lebih variabel tingkatan. Misalkan terdapat desain faktorial 2x2 dimana terdiri dari dua faktor dan setiap faktor mempunyai variabel tingkatan. Desain faktorial 2x2 merupakan desain yang sederhana dan banyak digunakan dalam penelitian untuk menganalisis interaksi antar faktor. Desain faktorial bekerja dengan menganalisis faktor-faktor dan interaksi yang terjadi dalam studi kasus ilmiah (Jankovic et al., 2021). Oleh karena itu metode desain faktorial ini dapat menjadi pendekatan yang efektif dalam menganalisis pengaruh apa saja yang timbul dalam melakukan analisis akustik ruang dan memberikan saran perbaikan setelahnya.

Desain Eksperimental

Dalam proses belajar mengajar, seorang pengajar akan berkomunikasi dengan peserta didik dengan frekuensi suara tertentu. Dalam penelitian ini frekuensi suara tersebut akan digantikan oleh suara *white noise* dengan frekuensi yang mewakili suara manusia ketika berbicara yaitu 500 Hz, 1000 Hz dan 1500 Hz (Parmanen, 2012). Ketiga frekuensi tersebut kemudian akan ditransmisikan di dalam ruang kelas dengan menggunakan pengeras suara pasif. Sehingga frekuensi suara tersebut akan dijadikan faktor pertama yang memiliki tiga tingkatan variabel. Ketiga frekuensi tersebut dipilih karena frekuensi suara manusia ketika berbicara berada pada rentang 500 hingga 2000 Hz (Parmanen, 2012).

Faktor berikutnya adalah suhu ruangan yang dikontrol oleh pendingin ruangan (AC). Suhu ruangan yang digunakan akan diatur pada suhu 20°C. Suhu yang diatur pada 20°C akan membuat kompresor pendingin ruangan bekerja lebih keras sehingga akan membuat suara tambahan yang dapat mempengaruhi kualitas akustik ruang tersebut. Untuk faktor kedua ini kondisi pendingin ruangan akan dikondisikan dalam keadaan hidup dan mati, sehingga faktor ini akan memiliki dua tingkatan variabel. Dapat digambarkan struktur desain faktorial yang digunakan dalam penelitian ini seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Struktur Desain Faktorial 3x2

Faktor A (Frekuensi)	Faktor B (Kondisi Pendingin Ruangan)	
	B1 - Hidup	B2 - Mati
A1 - 500 Hz	Kelompok 1	Kelompok 2
A2 - 1000 Hz	Kelompok 3	Kelompok 4
A3 - 1500 Hz	Kelompok 5	Kelompok 6

Faktor A dan B merupakan variabel bebas utama yang digunakan dalam penelitian eksperimental ini. Frekuensi 500 Hz, 1000 Hz dan 1500 Hz merupakan variabel tingkatan dari faktor A. Kondisi pendingin ruangan ‘hidup’ dan ‘mati’ merupakan cabang dari faktor B. Kelompok 1 adalah nilai rata-rata dari variabel terikat faktor A1 dan B1. Kelompok 2 adalah nilai rata-rata dari variabel terikat faktor A1 dan B2. Kelompok 3 adalah nilai rata-rata dari variabel terikat faktor A2 dan B1. Kelompok 4 adalah nilai rata-rata dari variabel terikat faktor A2 dan B2. Kelompok 5 adalah nilai rata-rata dari variabel terikat faktor A3 dan B1. Kelompok 6 adalah nilai rata-rata dari variabel terikat faktor A3 dan B2.

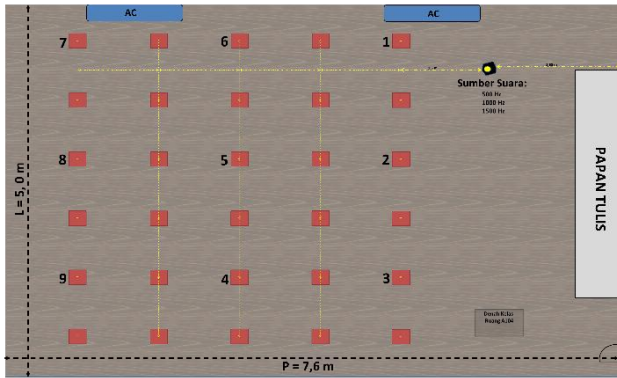
Persebaran suara di dalam kelas dipengaruhi oleh jarak dan kebisingan sekitar, desain eksperimental secara statistik terbukti menjadi alat bantu yang tepat untuk menentukan pengaruh dari setiap faktor dan interaksinya. Hal ini yang dapat memungkinkan proses optimasi menjadi lebih efektif. Desain faktorial dengan pemblokiran akan digunakan untuk memodelkan eksperimen penelitian ini, dimana persamaannya dinyatakan dalam persamaan 1.

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \delta_k + \epsilon_{ijk} \begin{cases} i = 1, 2, 3, \dots, a \\ j = 1, 2, 3, \dots, b \\ k = 1, 2, 3, \dots, n \end{cases} \quad (1)$$

y_{ijk} menunjukkan hasil pengukuran dalam satuan dB. μ menunjukkan nilai rata-rata dari variabel. τ_i menunjukkan faktor A yaitu frekuensi suara. β_j menunjukkan faktor B yaitu kondisi pendingin ruangan dalam keadaan menyala atau tidak. $(\tau\beta)_{ij}$ menunjukkan efek interaksi antara faktor A dan B. δ_k menunjukkan efek dari pemblokiran dimana jarak sumber bunyi dan penerima sudah ditentukan dan diatur memiliki jarak yang sama. Efek pemblokiran digunakan untuk mengisolasi variabel lain dan tidak menimbulkan perbedaan antar variabel bebas dan variabel terikat.

Prosedur Eksperimen

Propagasi atau perambatan suara dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti media perambatan, bentuk ruangan dan juga tingkat suara. Dalam penelitian ini hal pertama yang dilakukan adalah melakukan pengukuran terhadap luas ruangan yang akan dijadikan objek penelitian. Luas ruang kelas yang akan dijadikan objek penelitian memiliki luas ±38m² dan memiliki total 30 meja peserta didik. Sumber bunyi diletakkan pada jarak 1,65-meter dari dinding dekat papan tulis dan 1,50-meter dari jarak meja peserta didik paling depan. Posisi pendingin ruangan berada di salah satu sisi dinding samping ruangan. Denah ruang kelas dan posisi peletakan sumber bunyi serta titik pengambilan data ditunjukkan seperti pada gambar 1.



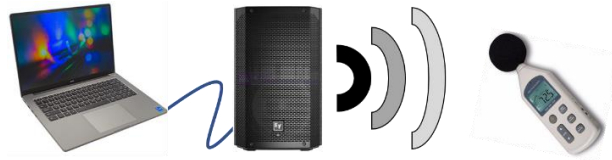
Gambar 1. Denah ruang kelas dan posisi peletakan sumber bunyi

Dalam denah ruang kelas jarak antar meja dikondisikan memiliki jarak yang sama untuk menerapkan sistem pemblokiran. Tujuannya adalah untuk memastikan tidak terdapat variasi jarak antar titik penangkapan rambatan suara sehingga mengakibatkan data yang dihasilkan tidak dapat dibandingkan. Posisi pengukuran suara ditentukan sebanyak 9 titik yang ditunjukkan seperti pada gambar 1. Pengukuran suara menggunakan alat bantu *Sound Level Meter* (SLM) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. dan akan menghasilkan respon data dalam satuan decibel (dB). SLM adalah sebuah alat ukur yang digunakan untuk mengetahui tingkat kebisingan pada area tertentu seperti misalnya ruang kelas.



Gambar 2. *Sound Level Meter*

Dalam praktik penggunaannya, SLM akan diarahkan secara langsung ke sumber bunyi dengan ketinggian tertentu supaya dapat menangkap kebisingan yang terdapat pada ruang kelas. Dalam penelitian ini ditetapkan ketinggian SLM yaitu 1,5-meter dari lantai agar dapat mewakili ketinggian telinga saat posisi tubuh manusia sedang duduk di kelas. Tahap pengambilan data dilakukan dengan menandai setiap titik pengukuran, kemudian menentukan titik pertama yang diukur secara acak dengan menggunakan bantuan perangkat lunak untuk mendapatkan kombinasi data yang dapat mewakili atau mendekati populasi data. Konfigurasi peralatan yang digunakan terdiri dari sumber bunyi yang dihasilkan dari komputer dan pengeras suara pasif, kemudian suara yang dihasilkan akan ditangkap oleh SLM, seperti ditunjukkan pada gambar 3.



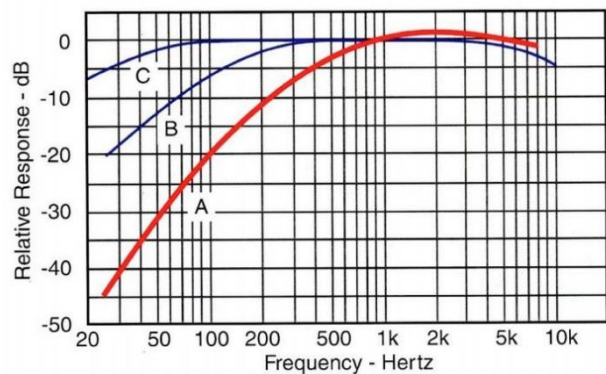
Gambar 3. Konfigurasi peralatan yang digunakan

Tingkat Intensitas Suara

Tingkat intensitas suara dapat dinyatakan sebagai nilai puncak dari perubahan tekanan udara (ISO226:2003). Tingkat intensitas dapat dianggap sebagai tingkat kebisingan yang mewakili rentang pendengaran manusia. Intensitas suara yang dapat ditangkap oleh pendengaran manusia yaitu berada pada rentang 10^{-12} hingga 10 W/m^2 . Respon pendengaran manusia berada dalam skala logaritmik yang dapat dinyatakan dengan skala tingkat tekanan suara yang memiliki satuan dB. Skala dB didapatkan dengan 10 kali logaritma (Wahab et al., 2018). Dalam praktiknya penjumlahan skala dB dapat dihitung melalui persamaan 2.

$$L_{tot} = 10 \log (10^{L^1/10} + 10^{L^2/10}) \quad (2)$$

L_{tot} adalah total kebisingan yang memiliki satuan dB. L_1 adalah nilai kebisingan ke-1 dan L_2 adalah nilai kebisingan L_2 . Tingkat respon pendengaran manusia memiliki perbedaan dimana bergantung pada frekuensi sumber bunyi dan intensitasnya. Skala dB terbagi menjadi 3 yaitu dBA, dBB dan dBC (St Pierre & Maguire, 2004). dBA umum digunakan untuk melakukan penilaian respon manusia terhadap lingkungan luar dan di dalam bangunan yang dapat mempengaruhi tingkat kepekaan pendengaran manusia. dBB adalah skala yang digunakan untuk melakukan penilaian respon manusia terhadap lingkungan industri. dBC digunakan untuk melakukan penilaian respon manusia pada tingkat bising industri yang ekstrim dan digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada mesin tertentu. Grafik respon manusia pada tingkat kebisingan 3 skala tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Pola hubungan respon terhadap frekuensi
Sumber: Kurniawan, 2010

Berdasarkan *Environmental Protection Agency* (EPA) menetapkan bahwa standar skala dBA merupakan skala yang tepat untuk digunakan sebagai rujukan pengukuran pada tingkat kebisingan lingkungan kerja seperti ruang kelas. Selain itu skala dBA juga merupakan skala yang sesuai terhadap respon manusia pada tingkat kebisingan lingkungan (Choi, 2021).

HASIL DAN DISKUSI

Tahapan pengambilan data dilakukan pada kondisi ruangan kelas sedang tidak digunakan untuk kegiatan belajar mengajar dan pada saat jam istirahat antara pukul 12.00 – 13.00. Adapun tujuan dari pengambilan data pada kondisi tersebut adalah untuk menghindari adanya kebisingan yang diakibatkan oleh kondisi di luar ruang kelas. Desain eksperimental digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui bagaimana pengaruh dua parameter yaitu tingkat frekuensi dan kondisi pendingin ruangan terhadap kualitas akustik ruang yang digunakan untuk kegiatan belajar mengajar. Saat tahap pengambilan data, hanya terdapat dua orang saja yang akan mengoperasikan peralatan ukur yaitu orang pertama bertugas menyalakan dan mengganti frekuensi suara yang akan digunakan. Orang kedua bertugas untuk mengukur sekaligus mencatat hasil pengukuran pada lembar kerja yang sudah disediakan. Posisi pengambilan data dilakukan dengan tidak membelakangi sumber suara dan mengarahkan SLM ke arah depan kelas atau menghadap ke sumber bunyi.

Desain faktorial umum dengan pemblokiran dapat mencakup efek utama dan interaksi parameter dalam seluruh rentang parameter yang dipilih. Untuk analisis lebih lanjut maka dilakukan uji hipotesis terlebih dahulu. Uji hipotesis dilakukan untuk melihat kekuatan dari sampel serta memutuskan apakah sampel tersebut diterima atau tidak. H_0 adalah hipotesis yang menyatakan tidak terdapat hubungan antara variabel yang akan diuji, sedangkan H_1 adalah kebalikan dari H_0 . Data hasil pengukuran kemudian akan diuji untuk melihat apakah hipotesis yang ada dapat diterima atau ditolak. Pada penelitian ini ditentukan hipotesis penelitian sebagai berikut:

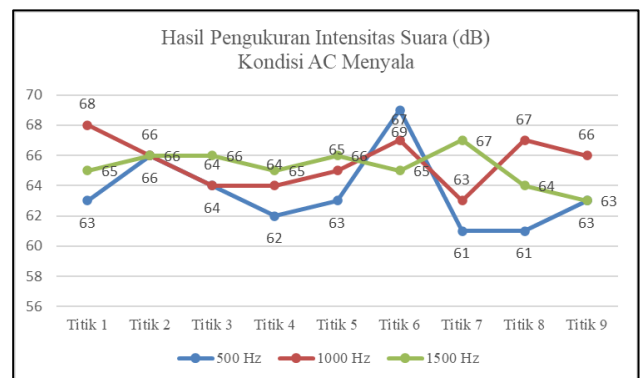
- Hubungan antara frekuensi dan tingkat intensitas suara
 - H_0 : Tidak terdapat dampak antara frekuensi dan tingkat intensitas suara
 - H_1 : Frekuensi memberikan dampak terhadap tingkat intensitas suara
- Hubungan kondisi pendingin ruangan dan tingkat intensitas suara
 - H_0 : Tidak terdapat dampak antara kondisi pendingin ruangan dan tingkat intensitas suara
 - H_1 : Kondisi pendingin ruangan memberikan dampak terhadap tingkat intensitas suara

DOI: [10.52330/jtm.v20i2.70](https://doi.org/10.52330/jtm.v20i2.70)

- Interaksi antara frekuensi dan kondisi pendingin ruangan terhadap intensitas suara
 - H_0 : Tidak terdapat interaksi antara faktor terhadap intensitas suara
 - H_1 : Terdapat interaksi antara faktor terhadap intensitas suara

Data hasil pengukuran ditunjukkan pada gambar 5. dari setiap titik yang telah ditentukan pada ruang kelas. Data yang didapatkan menunjukkan adanya pengaruh frekuensi dengan jarak titik pengambilan data. Titik 1 merupakan titik terdekat dengan sumber bunyi sedangkan titik 9 merupakan titik terjauh dari sumber bunyi. Intensitas suara yang didapatkan saat kondisi pendingin ruangan (AC) menyala mengalami penurunan berdasarkan posisi titik pengukuran. Pola penyebaran suara yang dihasilkan juga bergantung pada karakteristik peneras suara yang digunakan sebagai sumber bunyi.

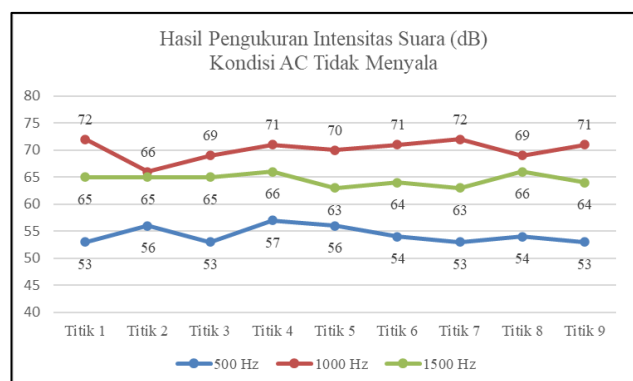
Karakteristik intensitas suara berdasarkan hasil pengukuran didapatkan perbedaan data saat kondisi pendingin ruangan dalam kondisi menyala dan tidak menyala. Saat kondisi pendingin ruangan menyala didapatkan tingkat intensitas suara mengalami fluktuasi pada setiap titik pengukuran seperti terlihat pada gambar 5. Fluktuasi ini terjadi karena diakibatkan oleh suara yang dihasilkan oleh kondisi pendingin ruangan saat kondisi menyala. Hal tersebut didukung oleh data pada titik 6 cenderung naik karena posisi pengukurannya dekat dengan pendingin ruangan. Saat kondisi pendingin ruangan tidak menyala tingkat intensitas suara yang didapatkan cenderung stabil seperti terlihat pada gambar 6.



Gambar 5. Hasil Pengukuran Intensitas Suara Dalam Kondisi Pendingin Ruangan (AC) Menyala

Frekuensi yang digunakan juga memiliki pengaruh terhadap terhadap intensitas suara saat kondisi pendingin ruangan menyala dan tidak. Pada posisi terdekat, titik 1 terlihat saat kondisi pendingin ruangan menyala tingkat intensitas suara yang didapatkan saat frekuensi 500 Hz yaitu sebesar 63 dB sedangkan saat kondisi pendingin ruangan tidak menyala didapatkan 53 dB. Selisih ini terjadi

akibat adanya suara bising yang timbul dari kondisi pendingin ruangan dimana selisihnya mencapai 10 dB. Untuk posisi terjauh, titik 9 didapatkan hasil yang sama seperti titik 1 dimana terdapat penurunan tingkat intensitas suara yaitu sebesar 10 dB.



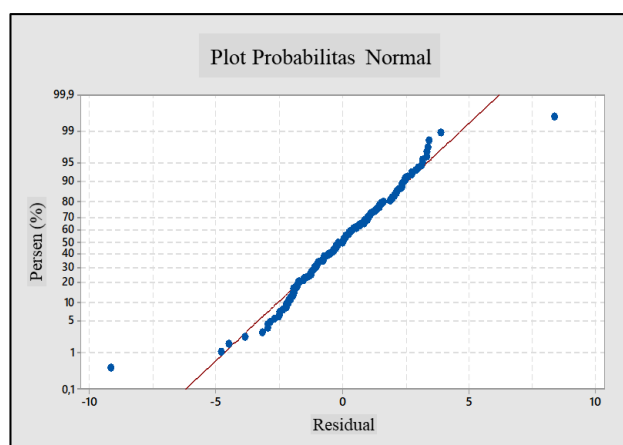
Gambar 6. Hasil Pengukuran Intensitas Suara Dalam Kondisi Pendingin Ruangan (AC) Tidak Menyala

Untuk frekuensi 1000 Hz pada posisi terdekat, titik 1 memiliki tingkat intensitas suara pada saat kondisi pendingin ruangan menyala sebesar 68 dB dan untuk kondisi pendingin ruangan tidak menyala sebesar 72 dB. Terdapat kondisi berbeda dimana tingkat intensitas suara saat kondisi pendingin ruangan tidak menyala lebih besar. Hal ini terjadi akibat fenomena pantulan yang terjadi di ruang kelas akibat frekuensi tinggi dari sumber bunyi. Hal ini juga terjadi pada posisi terjauh, titik 9 dimana tingkat intensitas suara saat kondisi pendingin ruangan menyala lebih rendah dibandingkan dengan kondisi pendingin ruangan yang tidak menyala.

Pada frekuensi 1500 Hz juga ditemukan fenomena yang sama dimana tingkat intensitas suara saat kondisi pendingin ruangan menyala lebih rendah dibandingkan dengan kondisi pendingin ruangan yang tidak menyala. Nilai intensitas suara pada posisi terdekat, titik 1 sebesar 65 dB saat kondisi pendingin ruangan menyala dan 65 dB saat kondisi pendingin ruangan tidak menyala. Untuk posisi terjauh, titik 9 didapatkan tingkat intensitas suara sebesar 63 dB saat kondisi pendingin ruangan menyala dan 64 dB saat kondisi pendingin ruangan tidak menyala. Fenomena ini membutuhkan pengamatan lebih lanjut terkait pantulan yang terjadi di dalam ruang kelas.

Analysis of variance (ANOVA) digunakan untuk menganalisis perbedaan rata-rata antara kelompok. Analisis dalam penelitian menggunakan bantuan perangkat lunak *Minitab* dengan tingkat signifikansi sebesar 5% ($\alpha=0,05$). Asumsi ANOVA harus divalidasi melalui tingkat normalitas, varians konstan dan independensi. Plot probabilitas normal selanjutnya digunakan untuk menunjukkan bagaimana nilai residual tersebar di sekitar garis utama seperti ditunjukkan pada gambar 7. Hal

tersebut menunjukkan bahwa persyaratan normalitas sudah terpenuhi.



Gambar 7. Hasil Plot Probabilitas Normal

Berdasarkan grafik didapatkan bahwa setiap faktor dan interaksinya secara statistik memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingkat intensitas suara di kelas. Hasil perhitungan ANOVA ditunjukkan pada tabel 2. Pada tabel tersebut didapatkan nilai *p-value* dari faktor frekuensi (A) dan faktor kondisi pendingin ruangan (B) kurang dari 0,05 ($p < 0,05$). Interaksi antara faktor A dan faktor B juga memiliki nilai *p-value* kurang dari 0,05. Nilai tersebut merupakan pengaruh utama dari masing-masing faktor yang mempengaruhi tingkat intensitas suara di dalam kelas. Nilai *p-value* merupakan nilai probabilitas yang didapatkan dari hasil uji statistik, sedangkan nilai α (alpha) merupakan kesalahan maksimal yang ditentukan dalam penelitian.

Tabel 2. Hasil Perhitungan ANOVA

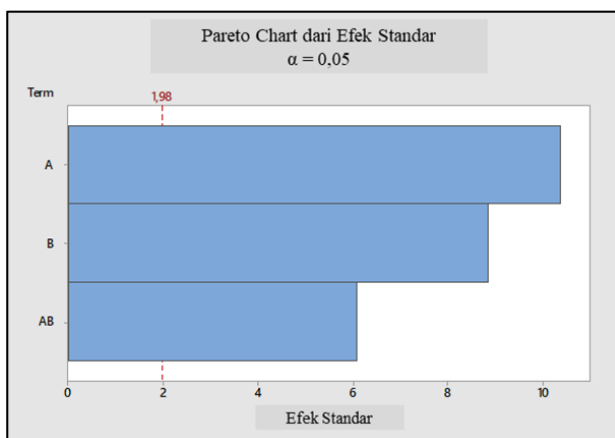
Faktor	Sum of Squares	DF	Mean Square	F-value	P-value
Frekuensi (A)	2248	2	1124	253	0.000
Pendingin Ruangan (B)	929	1	929	209	0.000
AB	468	2	234	52	0.000
Pemblokiran	29	8	3	0.82	0.583
Error	655	148	4.43		
Lack-of-Fit	392	40	9.80	4.02	
Pure Error	263	108	2.44		
Total	4330	161			

Pengaruh masing-masing faktor dan interaksi antar faktor menunjukkan bahwa frekuensi (A) memiliki pengaruh paling tinggi terhadap tingkat intensitas suara seperti ditunjukkan pada gambar 8. Hal ini terlihat dari semakin tingginya nilai dB yang didapatkan ketika frekuensi sumber bunyi ditingkatkan. Hal ini mendukung kondisi ketika seseorang yang sedang berbicara di depan kelas dengan suara lembut hingga suara yang lantang akan memberikan dampak yang berbeda terhadap pendengar

(Tang, 2008). Hal ini mengindikasikan bahwa frekuensi memiliki pengaruh signifikan terhadap intensitas suara (Zhang et al., 2021). Semakin tinggi frekuensi yang dihasilkan maka intensitas suara yang dihasilkan akan menyesuaikan, dimana hipotesa 1 diterima antara hubungan frekuensi dengan tingkat intensitas suara.

Suara yang dikeluarkan pastinya memiliki frekuensi tertentu yang mana sebagai sumber bunyi. Pendengar yang mendengarkan suara dari orang tersebut sebagai penerima bunyi. Adanya faktor lain seperti kebisingan yang diakibatkan oleh kondisi pendingin ruangan memberikan dampak yang signifikan pada frekuensi tertentu. Hal ini membuat pendengar juga menangkap suara bising kondisi pendingin ruangan yang mana dapat mengganggu informasi yang disampaikan oleh orang yang berbicara di depan kelas (Krü & Zannin, 2004). Hal ini juga mengindikasikan bahwa tingkat kebisingan yang diakibatkan oleh pendingin ruangan memberikan dampak signifikan terhadap kenaikan intensitas suara di dalam ruangan, dimana hipotesa 1 diterima antara hubungan kondisi pendingin ruangan dengan tingkat intensitas suara.

Suara bising kondisi pendingin ruangan secara tidak langsung dapat mengganggu pendengar untuk menangkap informasi yang disampaikan oleh sumber bunyi yang berada di depan kelas. Namun, kondisi pendingin ruangan dengan kondisi mati akan menimbulkan permasalahan lain seperti faktor ketidaknyamanan ruangan dan membuat kegiatan belajar mengajar menjadi tidak efektif. Selain itu, kondisi pendingin ruangan yang sudah memiliki waktu operasi lebih dari lima tahun juga menjadi penyebab utama sumber kebisingan. Hal ini dapat dijadikan saran perbaikan untuk memperhatikan kondisi atau perawatan kondisi pendingin ruangan agar tidak sampai menimbulkan suara bising yang dapat mengganggu kegiatan belajar mengajar dalam menyampaikan informasi.



Gambar 8. Pareto Chart dari Efek Standar

Pemblokiran dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui adanya pengaruh masing-masing faktor

terhadap tingkat intensitas suara. Faktor frekuensi yang kemudian dikelompokkan berdasarkan frekuensi suara manusia saat berbicara dan faktor pendingin ruangan saat kondisi menyala dan tidak menyala. Hal ini kemudian dibuktikan dari hasil tingkat intensitas suara yang didapatkan ketika kondisi pendingin ruangan menyala dan tidak menyala memiliki dampak yang berbeda pada setiap frekuensinya. Untuk jarak posisi tempat duduk yang diwakili sebagai titik pengukuran juga memiliki pengaruh, dimana semakin jauh posisi penerima bunyi maka tingkat intensitas suara yang ditangkap akan lebih rendah yang menyebabkan informasi yang diterima akan menjadi tidak jelas terdengar.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini pemetaan suara di ruang kelas telah dilakukan dengan menggunakan analisis desain faktorial umum. Tingkat intensitas suara menampilkan bagaimana karakteristik dari pemetaan suara yang dipengaruhi oleh frekuensi dan pendingin ruangan sebagai faktor yang saling berinteraksi. Dalam penelitian ini frekuensi 500 Hz, 1000 Hz dan 1500 Hz dapat digunakan sebagai representasi dari frekuensi suara manusia ketika berbicara. Frekuensi merupakan faktor yang paling signifikan dalam penelitian ini dan memberikan kesimpulan dimana semakin tinggi frekuensi yang ditransmisikan maka akan meningkatkan tingkat intensitas suaranya. Terkait dengan interaksi pada kegiatan belajar mengajar di ruang kelas, jika ingin memberikan informasi secara jelas maka harus berbicara lebih lantang atau dengan menggunakan peneras suara tambahan yang khusus didesain untuk ruangan kelas.

Kondisi pendingin ruangan juga memberikan pengaruh signifikan terhadap tingkat intensitas suara di dalam ruang kelas. Pada bidang akustik, apabila terdapat dua buah sumber bunyi maka masing-masing sumber bunyi tersebut akan menyatu menjadi bunyi utama yang disebut dengan kebisingan ambien. Pengaturan suhu secara langsung memberikan dampak terhadap intensitas suara dimana dengan pengaturan suhu yang rendah maka kompresor pendingin ruangan akan bekerja lebih keras dibandingkan suhu normal yang nyaman untuk digunakan di dalam ruangan. Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA, faktor pendingin ruangan juga memiliki pengaruh signifikan secara statistik terhadap tingkat intensitas suara. Pengaturan suhu pendingin ruangan yang tidak tepat akan memberikan dampak terhadap tingkat intensitas suara yang ada dan menyebabkan interaksi dengan frekuensi sumber bunyi sehingga akan dapat mempengaruhi gangguan komunikasi yang terjadi di dalam ruang kelas.

Rancangan faktorial umum dengan pemblokiran digunakan dalam penelitian ini untuk menyelidiki semua

kombinasi faktor terhadap setiap pengulangan percobaan. Dalam penelitian ini, posisi penerima (jarak) menjadi faktor penghambat dikarenakan faktor ini sudah diketahui terlebih dahulu dan dikendalikan dengan menempatkan penangkap suara (SLM) dengan posisi tertentu. Hasil penelitian ini selanjutnya dapat dikembangkan kembali untuk menentukan langkah perbaikan berupa desain ulang dari akustik ruang berdasarkan kondisi dan data yang didapatkan. Penelitian berikutnya dapat merancang sebuah desain ruangan kelas yang sesuai dengan standar dan keperluan untuk kegiatan belajar mengajar yang lebih efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Politeknik STMI Jakarta yang telah bersedia meminjamkan ruangan kelas sebagai objek penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Artayani, M., & Kasim, N. N. (2017). Analisis desain akustik ruang kelas unifa dalam meningkatkan kualitas belajar mengajar. *Losari: Jurnal Arsitektur Kota dan Pemukiman*, 2 (1), 1-6. <https://doi.org/10.33096/losari.v2i1.51>
- Brinkmann, F., Aspöck, L., Ackermann, D., Opdam, R., Vorländer, M., & Weinzierl, S. (2021). A benchmark for room acoustical simulation. Concept and database. *Applied Acoustics*, 176. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107867>
- Choi, Y. J. (2016). Effect of occupancy on acoustical conditions in university classrooms. *Applied Acoustics*, 114, 36–43. <https://doi.org/10.1016/J.APACOUST.2016.07.010>
- Choi, Y. J. (2021). Acoustical measurements of masks and the effects on the speech intelligibility in university classrooms. *Applied Acoustics*, 180, 108145. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.108145>
- Fávero, L. P., & Belfiore, P. (2019). Design and Analysis of Experiments. *Data Science for Business and Decision Making*, 935–939. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811216-8.00021-5>
- Gramez, A., & Boubenider, F. (2017). Acoustic comfort evaluation for a conference room: A case study. *Applied Acoustics*, 118, 39–49. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.11.014>
- Jankovic, A., Chaudhary, G., & Goia, F. (2021). Designing the design of experiments (DOE) – An investigation on the influence of different factorial designs on the characterization of complex systems. *Energy and Buildings*, 250, 111298. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111298>
- Krü, E. L., & Zannin, P. H. T. (2004). Acoustic, thermal and luminous comfort in classrooms. *Building and Environment*, 39(9), 1055–1063. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.01.030>
- Madbouly, A. I., Noaman, A. Y., Ragab, A. H. M., Khedra, A. M., & Fayoumi, A. G. (2016). Assessment model of classroom acoustics criteria for enhancing speech intelligibility and learning quality. *Applied Acoustics*, 114, 147–158. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.07.018>
- Minelli, G., Puglisi, G. E., & Astolfi, A. (2022). Acoustical parameters for learning in classroom: A review. *Building and Environment*, 208, 108582. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108582>
- Parmanen, J. (2012). Some Reasons to Revise the International Standard ISO 226:2003: Acoustics—Normal Equal-Loudness-Level Contours. *Open Journal of Acoustics*, 02(04), 143–149. <https://doi.org/10.4236/oja.2012.24016>
- Pate, A. N., Fleming, L., Jones-Bodie, A., Wagner, J. L., Fleming, J. W., Davis, C., & Brown, M. A. (2022). Impact of Communication Method and Timeliness on Student and Faculty Perception of Professionalism and Value. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 86(2), 8391. <https://doi.org/10.5688/ajpe8391>
- Puglisi, G. E., Cantor Cutiva, L. C., Pavese, L., Castellana, A., Bona, M., Fasolis, S., Lorenzatti, V., Carullo, A., Burdor, A., Bronuzzi, F., & Astolfi, A. (2015). Acoustic Comfort in High-school Classrooms for Students and Teachers. *Energy Procedia*, 78, 3096–3101. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.763>
- Syafi'i, A., Marfiyanto, T., & Rodiyah, S. K. (2018). Studi Tentang Prestasi Belajar Siswa Dalam Berbagai Aspek dan Faktor Yang Mempengaruhi. *Jurnal Komunikasi Pendidikan*, 2(2), 1-5.
- Tang, S. K. (2008). Speech related acoustical parameters in classrooms and their relationships. *Applied Acoustics*, 69(12), 1318–1331. <https://doi.org/10.1016/J.APACOUST.2007.08.008>
- Wahab, A., Dan, A., & Rahma, F. (2018). Tingkat Kebisingan Suara Transportasi di Kota Banda Aceh. In *Gea. Jurnal Pendidikan Geografi*, 18.
- Zannin, P. H. T., & Zwirnes, D. P. Z. (2009). Evaluation of the acoustic performance of classrooms in public schools. *Applied Acoustics*, 70(4), 626–635. <https://doi.org/10.1016/J.APACOUST.2008.06.007>
- Zhang, D., Tenpierik, M., & Bluysen, P. M. (2021). Individual control as a new way to improve classroom acoustics: A simulation-based study. *Applied Acoustics*, 179, 108066. <https://doi.org/10.1016/J.APACOUST.2021.108066>