

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

1. Pembelajaran

Pembelajaran merupakan suatu upaya yang dilakukan dengan sengaja oleh pendidik untuk menyampaikan ilmu pengetahuan, mengorganisasi dan menciptakan sistem lingkungan dengan berbagai metode sehingga siswa dapat melakukan kegiatan belajar secara efektif dan efisien dengan hasil optimal (Sugihartono, 2013:81).

Dalam proses pembelajaran tidak terlepas dari kegiatan belajar dan mengajar, belajar merupakan suatu proses internal yang kompleks. Dalam proses internal tersebut melibatkan beberapa unsur yaitu afektif, dan matra afektif berkaitan dengan sikap, nilai-nilai, interest, apresiasi, dan penyesuaian perasaan sosial (Dimiyati dan Mudjiono, 2006).

Sedangkan mengajar merupakan suatu proses, yaitu proses mengatur, mengorganisasi lingkungan yang ada di sekitar siswa sehingga dapat menumbuhkan dan mendorong siswa melakukan proses belajar (Nana Sudjana, 2001:29).

Pembelajaran pada hakekatnya merupakan proses interaksi antara siswa dengan lingkungannya, sehingga terjadi perubahan perilaku ke arah lebih baik. Selama proses pembelajaran, tugas guru yang paling utama adalah mengondisikan lingkungan belajar agar menunjang terjadinya perubahan perilaku bagi siswa (E.Mulyasa, 2003).

Pembelajaran merupakan proses komunikasi dua arah antara guru sebagai pendidik dan siswa sebagai peserta didik. Berdasarkan teori belajar ada tiga ilmu pengertian pembelajaran diantaranya sebagai berikut :

- a. Pembelajaran adalah upaya menyampaikan pengetahuan siswa di sekolah.
- b. Pembelajaran adalah mewariskan kebudayaan kepada generasi muda melalui lembaga sekolah.
- c. Pembelajaran adalah upaya mengorganisasikan lingkungan untuk menciptakan kondisi belajar bagi siswa.

Hal yang sama juga dikemukakan oleh Nazarudin (2007:163) yakni pembelajaran adalah suatu peristiwa atau situasi yang sengaja dirancang dalam rangka membantu dan mempermudah proses belajar dengan harapan dapat membangun kreatifitas siswa.

Dari beberapa pendapat diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa pembelajaran adalah suatu proses komunikasi dua arah antara guru dengan murid dengan mengatur kondisi atau situasi sedemikian rupa, sehingga dapat mempermudah proses pembelajaran itu sendiri untuk mencapai tujuan belajar yang diinginkan.

2. Ergonomi

Kata "Ergonomi" dibentuk dari dua kata dalam bahasa Yunani, yaitu ***ergon*** yang berarti kerja dan ***nomos*** yang berarti hukum. Pada beberapa negara istilah ergonomi seringkali digantikan atau disandingkan dengan terminologi *human factor*. Ergonomi adalah suatu kajian terhadap interaksi

antara manusia dengan mesin yang digunakannya, beserta faktor-faktor yang mempengaruhi interaksi tersebut (Bridger, 2003).

Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari perilaku manusia dalam kaitannya dengan pekerjaan. Sasaran penelitian ergonomi adalah manusia pada saat bekerja dalam lingkungan. Secara singkat dapat dikatakan bahwa ergonomi adalah penyesuaian tugas pekerjaan dengan kondisi tubuh manusia yang ditujukan untuk menurunkan stress yang akan dihadapi. (Departemen Kesehatan RI, 2007)

Secara singkat ergonomi bertujuan untuk merancang berbagai peralatan, sistem teknis, dan pekerjaan untuk meningkatkan keselamatan, kesehatan, kenyamanan, dan performa manusia. Implementasi ilmu ergonomi dalam perancangan sistem seharusnya membuat suatu sistem bekerja lebih baik dengan mengeliminasi aspek-aspek yang tidak diinginkan, tidak terkontrol dan tidak terukur, seperti :

- a. Ketidakefisienan
- b. Kelelahan
- c. Insiden, cedera, dan kesalahan.
- d. Kesulitan
- e. Moral yang rendah dan apatisme

Dalam mendesain pekerjaan dan kondisi pada kehidupan sehari-hari ergonomi berfokus pada manusia. Kondisi kerja pada kehidupan sehari-hari yang tidak aman, tidak sehat, tidak nyaman, atau tidak efisien dihindari dengan memperhatikan kemampuan dan keterbatasan manusia baik secara fisik maupun psikologi. Faktor-faktor yang memegang peran dalam ergonomi yaitu,

- a. Postur tubuh dan pergerakan : Duduk, berdiri, mengangkat, mendorong, menarik.
- b. Faktor lingkungan : kebisingan, getaran, iluminasi, iklim, Zat kimia.
- c. Organisasi kerja : tugas yang tepat, pekerjaan yang menyenangkan.
- d. Informasi dan operasi : informasi yang diperoleh secara Visual atau melalui indra lainnya, kontrol, kaitan antara tampilan dan kontrol.

Faktor-faktor di atas menentukan tingkatan yang besar dari keamanan, kesehatan, kenyamanan, dan performa yang efisien pada saat bekerja dan kehidupan sehari-hari. Termasuk dalam kegiatan pembelajaran di sekolah, efisiensi dalam kegiatan pembelajaran dapat mendukung dalam pencapaian tujuan kegiatan belajar. Dalam Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional pasal 1 ayat 20 menyatakan bahwa Pembelajaran adalah Proses interaksi peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar. Corey (Syaiful Sagala, 2012) Ergonomi adalah suatu proses dimana lingkungan seseorang secara sengaja dikelola untuk memungkinkan turut serta dalam tingkah laku tertentu dalam kondisi-kondisi khusus atau menghasilkan respon terhadap situasi tertentu, pembelajaran merupakan subset khusus dari pendidikan. Salah satu dari ruang lingkup ergonomi adalah ergonomi kognitif. Hal ini berkaitan dengan proses mental manusia,

termasuk diantaranya persepsi, ingatan, dan reaksi, sebagai akibat dari interaksi manusia terhadap pemakaian elemen sistem. Topik-topik yang relevan dalam ergonomi kognitif antara lain beban kerja, pengambilan keputusan, *performance*, *human-computer interaction*, kehandalan manusia, dan stres kerja (Shneiderman & Plaisant, 2010).

Dari penjelasan tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa proses belajar mengajar dikatakan efisien jika materi yang diberikan oleh guru dapat diterima dengan baik oleh siswa. Proses interaksi antara guru dengan murid tidak dapat berjalan dengan baik apabila lingkungan belajar tidak mendukung untuk kegiatan belajar mengajar.

3. Pengertian Bunyi

Menurut Prasasto Satwiko (2008) bunyi adalah gelombang getaran mekanis dalam udara atau benda padat yang masih bisa ditangkap oleh telinga normal manusia, dengan rentang frekuensi 20Hz hingga 20.000Hz.

Bunyi merupakan transmisi energi yang melewati media padat, cair dan gas dalam suatu getaran yang diterima melalui sensasi telinga dan otak. Variasi bunyi terjadi karena tekanan udara berupa rapatan atau renggangan molekul udara oleh gangguan pada media elastis yang menyebar ke segala arah (Suptandar, 2004).

Leslie L. Doelle (1972) menyebutkan bahwa bunyi memiliki dua definisi, yaitu :

- 1) Secara fisis merupakan pergerakan partikel melalui medium udara, disebut sebagai bunyi objektif.

2) Secara fisiologis bunyi dianggap sebagai sensasi pendengaran yang ditimbulkan oleh kondisi fisik, disebut sebagai bunyi subjektif.

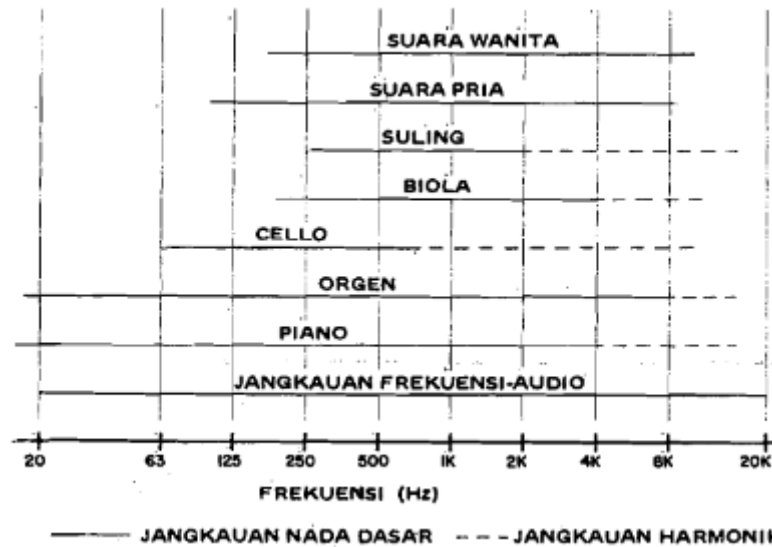
Bunyi dapat dinyatakan sebagai sensasi pendengaran lewat telinga dan timbul karena penyimpangan tekanan udara. Penyimpangan ini biasanya disebabkan oleh beberapa benda yang bergetar, misalnya dawai gitar yang dipetik, garpu tala yang dipukul, dan lain-lain.

a. Sifat-sifat bunyi

Bunyi merambat oleh lapisan perapatan dan peregangan partikel-partikel udara (medium pada umumnya). Partikel-partikel udara yang meneruskan gelombang bunyi tidak berubah pada posisi normalnya, mereka hanya bergetar sekitar posisi kesetimbangannya, yaitu posisi partikel bila tak ada gelombang bunyi yang diteruskan. Penyimpangan tekanan ditambahkan pada tekanan atmosfer yang kira-kira tunak (*steady*) dan ditangkap telinga.

Suara mengalir dengan kecepatan 343,7 m/s pada suhu udara 20 Derajat Celcius dan pada keadaan langsung suara diterima oleh pendengar dalam waktu antara 0,01 sampai 0,2 detik. Kemudian suara pantul yang paling awal datang secara tipikal dalam jangka waktu 0,05 sekon (50 milisekon). Energi suara yang datang berikutnya sudah melemah, *amplitude* mengecil dan dikenal dengan istilah *reverberant sound* atau *late reflections* (Barron, 1993).

Gambar 1. Jangkauan frekuensi sumber-sumber bunyi (Doelle, 1972)



Frekuensi menentukan tinggi dan rendahnya bunyi, semakin tinggi frekuensi semakin tinggi pula bunyi yang dihasilkan, Satwiko (2008). Setiap suara manusia memiliki frekuensi yang berbeda-beda tiap individu, Perbedaan jenis kelamin, nada, huruf, penekanan kata, dan kebutuhan intensitas dalam suatu percakapan akan menghasilkan bermacam-macam frekuensi.

Jangkauan penerimaan frekuensi audio manusia yang berbeda umur memiliki kepekaan yang berbeda, dengan bertambahnya umur batas atas turun dengan banyak. Peranan frekuensi yang lebih tinggi dari 10.000 Hz dapat diabaikan dalam inteligibilitas pembicaraan atau kenikmatan musik.

Kebanyakan bunyi (pembicaraan, musik, bising) terdiri dari banyak frekuensi, yaitu komponen-komponen frekuensi rendah, tengah dan medium (Doelle, 1972).

Tabel 1. Pembagian dan rentang frekuensi (Prasasto satwiko, 2008)

Keterangan bunyi	Frekuensi
------------------	-----------

Bunyi Infra	<63Hz
Rendah (<i>low</i>)	63Hz – 250Hz
Tengah (<i>mid</i>)	250Hz – 2000Hz
Tinggi (<i>high</i>)	2000Hz-16.000Hz
Bunyi ultra	>16.000Hz

Dari tabel 1, frekuensi percakapan manusia berada pada frekuensi tengah dan tinggi berkisar 600Hz hingga 4.000Hz.

b. Parameter Akustik Ruang

Akustik berasal dari kata dalam bahasa inggris yakni *acoustics*, yang berarti ilmu suara atau ilmu bunyi. Halme (1990:12) menyebutkan: *Acoustics is a science and the first consideration to get a comfortable sound environment*, yang berarti bahwa akustik merupakan suatu ilmu dan merupakan pertimbangan pertama untuk mendapatkan lingkungan suara yang nyaman. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas akustik dalam ruang seperti; faktor keras suara (*Loudness*), Kejelasan suara (*clarity*) dan kehidupan suara (*liveness*). Setiap ruang membutuhkan karakteristik akustik ruang yang berbeda tergantung pada kegunaan/fungsi ruang. Faktor-faktor di atas harus di atur sedemikian rupa hingga akustik ruang sesuai dengan fungsi pemakaian dari ruang yang dirancang.

Dalam suatu perancangan akustik ruang terdapat beberapa aspek selain ketiga faktor diatas yang bisa menjadi faktor pendukung atau bahkan dapat menjadi faktor penghambat untuk mencapai kualitas akustik ruang yang baik. Intensitas suara dan waktu dengung menjadi salah satu aspek yang berpengaruh terhadap kualitas akustik ruang.

Seperti pada ruang pembelajaran dimana dibutuhkan intensitas suara yang cukup untuk penyebaran bunyi.

Intensitas suara ditentukan oleh tingkat kekerasan sumber bunyi, kekerasan suara ditentukan oleh kuat sinyal dari sumber suara (*sound intensity* dan *pressure*) yang dihasilkan dari tingkat vibrasi yang tinggi (*high reverberant level*). Pada sumber suara alami (suara manusia) yang dihasilkan oleh usaha berbicara (*vocal effort*) dan dibatasi oleh mekanisme suara manusia, suara yang masuk ke telinga pendengar kemudian juga dipengaruhi oleh faktor kebisingan (*noise*). Apabila sinyal bicara lebih keras daripada suara pengganggu, maka suara asli tetap terdengar dengan baik (*intelligible*), namun terkadang juga menciptakan tegangan suara (*voice stress*) apabila suara kebisingan cukup kuat dan berinteraksi. Dalam hal ini kejelasan suara (*clarity*) atau kejelasan berbicara (*speech intelligibility*) menjadi poin utama dalam kegiatan belajar mengajar (Doni Malwita, 2016).

Untuk ruang kuliah atau ruang kelas tingkat kebisingan yang diijinkan adalah 30-40 dB (Satwiko, 2008). Berbicara di dalam ruang menghasilkan kombinasi suara langsung dan tak langsung. Dengan komposisi bidang-bidang ruang yang bervariasi sesuai dengan rancangan ruang, gelombang suara berpantul berulang dan menyebabkan suara datang ke pendengar dengan jangka waktu yang berbeda-beda. Ada yang segera terdengar, namun ada pula yang datang terlambat.

c. Penyerapan bunyi (*Sound Absorbing*)

Serapan adalah energi yang tidak dipantulkan kembali dari energi bunyi keseluruhan yang datang, diukur menggunakan formula Sabine. Jumlah bahan penyerap akan menentukan lama waktu dengung berlangsung dalam ruang. Sedangkan pengertian penyerapan bunyi adalah kemampuan suatu bahan untuk meredam bunyi yang datang, dapat dihitung dalam persen atau pecahan bernilai $0 \leq \alpha \leq 1$. Nilai 0 berarti tidak ada penyerapan bunyi (seluruh energi bunyi yang datang dipantulkan sempurna), sedangkan nilai 1 berarti semua energi bunyi yang datang diserap seluruhnya (tidak ada yang dipantulkan kembali), (Satwiko, 2008).

Dalam menghitung koefisien serapan dapat menggunakan formula *sabine*, yakni:

$$\bar{\alpha} = \frac{A}{S} \quad (2.1)$$

$\bar{\alpha}$ = koefisien serapan

A = total serapan ruang (m^2 *Sabine*)

S = total luas bidang serap (m^2)

Perhitungan diatas berlaku apabila dalam satu ruang memiliki bahan serap yang sama, ruang yang memiliki bidang serap yang berbeda pada setiap luas bidang serap dapat dihitung koefisien serap dengan :

$$\bar{\alpha} = \frac{S_1 \times a_1 + S_2 \times a_2 + S_3 \times a_3 \dots + S_n \times a_n}{S_1 + S_2 + S_3 \dots + S_n} \quad (2.2)$$

S_1 = Luas bidang serap1 (m^2)

a_1 = Koefisien bidang serap1

Koefisien serapan berkaitan dengan material yang digunakan dalam ruang, material dengan nilai serap tinggi akan sangat baik dalam ruangan yang tidak membutuhkan efek dengung, seperti ruang kelas.

d. Intensitas Bunyi, Tingkat Tekanan Bunyi (TTB)

Leslie L. Doelle mengemukakan Intensitas Bunyi dalam arah tertentu di suatu titik adalah laju energi bunyi rata-rata yang ditransmisikan dalam arah tadi lewat satu satuan luasan yang tegak lurus arah tersebut di titik tadi. Intensitas bunyi (*sound intensity*) adalah banyaknya energi bunyi per-satuan luas, diukur menggunakan watt/m² (Prasato Satwiko, 2008).

Intensitas bunyi akan berkaitan dengan tingkat bunyi dan kekerasan relatif, tingkat bunyi adalah perbandingan logaritmis energi suatu sumber bunyi dengan energi sumber bunyi acuan, diukur dalam dB (*decibel*). Energi sumber bunyi acuan adalah energi sumber bunyi terendah dimana masih dapat didengar manusia, yaitu 10⁻¹² W/m². Percakapan normal manusia berada pada intensitas 10⁻⁵ W/m² atau berkisar 70dB.

Gelombang bunyi yang sumbernya berada pada luar ruangan dengan tidak adanya penyumbatan akan menyebabkan gelombang bunyi harus tersebar. Hal ini menyebabkan perbedaan intensitas bunyi yang berbeda pada jarak tertentu dari titik sumber bunyi.

$$I = w/4\pi D^2 \quad (\text{watt/m}^2) \quad (2.3)$$

I = intensitas bunyi

w = energi

D = jarak

Kebutuhan tingkat bunyi pada setiap ruang tidaklah sama, hal ini ditentukan oleh fungsi atau kegunaan ruang.

Tabel 2. Tingkat bunyi beberapa sumber bunyi (Egan, 1998)

RUANG DALAM	Tingkat Bunyi (dB)								dBA
Frekuensi	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Pertunjukan musik cadas keras (arena besar)	116	117	119	116	118	115	109	102	121
Ruang audiovisual	85	89	92	90	89	87	85	80	94
Tepukan di auditorium	60	68	75	79	85	84	75	65	88
Ruang kelas	60	66	72	77	74	68	60	50	78
Ruang peralatan komputer	78	75	73	78	80	78	74	70	84
Laboratorium	65	70	73	75	72	69	65	61	77
Perpustakaan	60	63	66	67	64	58	50	40	68
Ruang peralatan mesin	87	86	85	84	83	82	80	78	88
Ruang latihan musik	90	94	96	96	96	91	91	90	100

Tabel 2, menunjukkan bahwa tiap ruang dengan fungsi yang berbeda memiliki kebutuhan tingkat bunyi yang berbeda. Pada beberapa ruang diatas dapat terlihat pula perbedaan kebutuhan tingkat tekanan bunyi pada frekuensi yang berbeda, seperti contoh ruang latihan musik akan membutuhkan frekuensi yang kompleks dimana frekuensi yang dibutuhkan bisa dianggap hampir sama (tidak

memiliki frekuensi yang dominan). Pada ruang yang tidak membutuhkan banyak nada hanya suara manusia seperti ruang kelas, frekuensi dominan berada pada rentang 250Hz – 1.000Hz dengan rata-rata frekuensi pada 500Hz. Dalam komunikasi normal tingkat tekanan bunyi oleh manusia berada pada 50 dB hingga 70 dB, tergantung dari situasi atau tempat seseorang berkomunikasi. Pada situasi dengan tingkat kebisingan tinggi akan membutuhkan intensitas bunyi yang lebih, sedangkan intensitas bunyi yang tinggi juga akan kurang nyaman dirasakan apabila komunikasi berada pada situasi yang lebih tenang.

DECIBEL		
JET TINGGAL LANDAS TEMBAKAN MERIAM MENGELING	130	MENULIKAN
	120	
	110	
	100	
SONIC BOOM MUSIK ORKESTRA FORTISSIMO BAND ROCK	90	SANGAT KERAS
	80	
TRUK TANPA KNALPOT BISING LALU-LINTAS SEMPRITAN POLISI	70	KERAS
	60	
KANTOR YANG BISING MESIN TIK YANG TENANG RADIO PADA UMUMNYA	50	SEDANG
	40	
RUMAH YANG BISING PERCAKAPAN PADA UMUMNYA RADIO YANG PELAN	30	LEMAH
	20	
KANTOR PRIBADI RUMAH YANG TENANG PERCAKAPAN YANG TENANG	10	SANGAT LEMAH
	0	
GEMERISIK DAUN BISIKAN NAFAS MANUSIA	0	
	-10	

Gambar2. Tingkat tekanan bunyi beberapa bunyi penting dan bising, Leslie L. Doelle (1972)

Kekerasan adalah sifat sensasi pendengaran yang subyektif, dan besaran kekerasan ini bunyi padat disusun pada skala yang berkisar lemah sampai keras. Kekerasan adalah tanggapan subyektif terhadap tekanan bunyi dan intensitas bunyi yang dihasilkan oleh sumber bunyi. (Doelle, 1972)

4. Dengung (*Reverberation*)

Penurunan tingkat suara baik terjadi pada suara langsung yang terpengaruh oleh jarak (energi suara yang terserap oleh udara), maupun hasil dari multi refleksi suara yang mengandung fungsi penyerapan dan pemantulan. Didalam ruang yang tertutup, besar waktu dengung berbanding lurus dengan volume ruang dan akan berbanding terbalik dengan luas bidang serap (luas bidang dikalikan koefisien serap ruang). Untuk ruang dengan ukuran sangat besar dan panjang, waktu dengung akan lebih dipengaruhi oleh jarak (*distance*) dari pada efek pantul (*deft*), Baron (1993) dalam Setiawan, Doni (2016).

Leslie L. Doellee (1972) menjelaskan bunyi dengung adalah pemantulan bunyi yang berturut-turut dalam ruang tertutup setelah sumber bunyi dihentikan. Bunyi dengung mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap kondisi mendengar dalam auditorium karena kehadirannya mengubah persepsi/tanggapan terhadap bunyi *transien*. Bunyi *transien* adalah bunyi yang mulai dan berhenti dengan tiba-tiba. Dalam pengendalian dengung terhadap bunyi transien dari pidato dan musik perlu dilindungi dan ditingkatkan untuk menjamin kejelasan pembicaraan yang tinggi dan kenikmatan musik yang lengkap.

Prasastyo Satwiko (2008) mengemukakan bahwa bunyi dengung (*reverberation sound*) adalah bunyi yang terpantul-pantul. Setiap ruang mempunyai kebutuhan bunyi dengung yang berbeda-beda tergantung pada fungsi/kebutuhan ruang yang digunakan. Pentingnya pengendalian dengung dalam rancangan akustik ruang telah mengharuskan masuknya besaran standar yang relevan, yaitu waktu dengung (RT).

Waktu dengung adalah waktu dimana berapa lama suatu bunyi akan hilang atau berkurang intensitasnya hingga 60dB. Waktu dengung dalam ruang dapat dihitung dengan rumus :

$$RT = \frac{0,16 \times V}{A} \quad (2.4)$$

Dengan

RT : waktu dengung

V : volume ruang (m³)

S : total luas bidang serap (m²)

A : total serapan ruang (m² Sabine)

Formula Sabine diciptakan untuk membantu perkiraan waktu dengung dalam perencanaan ruang. Formula Sabine diperuntukan pada ruang yang tersusun dengan elemen bidang batas yang tidak terlalu menyerap. Pada ruang dengan kebutuhan serap tinggi seperti pada ruang studio musik, formula Eyring akan lebih tepat digunakan. Waktu dengung yang terlalu tinggi dalam kegiatan belajar mengajar akan mempersulit penerimaan siswa dalam mendengarkan penyampaian guru. Pengendalian dengung dalam ruang sangat diperlukan guna meningkatkan fungsi kelas untuk kegiatan belajar yang maksimal. Berikut

ini adalah gambaran RT yang ideal untuk beberapa fungsi ruangan sesuai dengan volumenya.

Tabel 3. Jangkauan Perkiraan Waktu Dengung untuk Beberapa Ruang dengan Fungsi Tertentu (Sumber: Egan, 1998).

No.	Jenis Ruang	Waktu Dengung pada Frekuensi Tengah (s)
1	Studio rekaman	0,5
2	Ruang kelas Sekolah Dasar	0,6 - 0,8
3	Intimate drama	0,9 - 1,1
4	Ruang Kuliah & Konferensi	0,7 - 1,1
5	Cinema/Bioskop	0,8 - 1,2
6	Teater kecil	1,2 - 1,4
7	Auditorium	1,5 - 1,8
8	Auditorium multi fungsi	1,6 - 1,8
9	Gereja	1,4 - 2,6
10	Ruang konser tari dan musik	1,0 - 1,2
11	Opera	1,5 - 1,8
12	Symphony	1,7 - 2,3

Pada tabel 2 diperoleh frekuensi paling dominan dalam ruang kelas adalah 500Hz dan frekuensi tersebut mewakili frekuensi tengah bunyi percakapan manusia. Menurut table 3, RT yang ideal untuk kegiatan pembelajaran pada siswa SMK dapat di asumsikan sama dengan ruang kuliah dan konferensi yaitu sebesar 0,8 hingga 1,1 detik.

5. Pelemahan suara dalam ruang

Dalam ruang yang sangat *reverberant* (bergema), atau ruang yang “hidup”, suara dengung akan sama di setiap lokasi, sementara itu taraf suara langsungnya berkurang terhadap jarak sesuai dengan hukum kuadrat terbalik. Perbandingan suara langsung dan suara tak langsung (L_d/L_r) digunakan untuk mendeskripsikan kontribusi dari dua medan suara pada setiap lokasi pendengar di tempat tertentu. Jarak kritis (D_c) adalah titik dimana suara langsung (L_d)/suara gema (L_r) sama dengan 1. Sebuah istilah akustik penting yang digunakan untuk menentukan L_d/L_r dan D_c adalah konstanta ruang R .

Dalam menghitung kondisi akustik ruang dapat membagi perhitungan medan akustik menjadi dua bagian :

1. Medan suara langsung (*Direct sound field*), yang terdiri dari energi akustik yang terkait dengan gelombang suara yang belum terserap. Kepadatan energi akustik yang terkait dengan medan suara langsung (D_D)

$$D_D = \frac{ID}{c} = \frac{QW}{4\pi r^2 c} \quad (2.5)$$

- Q : Keterarahan suara
 W : daya sumber suara
 r : jarak penerima bunyi dari sumber suara (m)
 c : cepat rambat bunyi

2. Medan suara gema (*reverberant sound field*), yang terdiri dari energi sisa.

Medan suara yang bergema adalah semua gelombang yang telah terefleksi satu atau beberapa kali dari berbagai permukaan ruang. Kepadatan energi gema dapat dihitung dengan:

$$D_R = \frac{4W(1-\bar{a})}{c\bar{a}S_o} = \frac{4W}{cR} \quad (2.6)$$

Dengan :

\bar{a} : Rata-rata koefisien serapan ruang

S_o : luas total bidang serapan dalam ruang

W : daya sumber suara

c : cepat rambat bunyi

R : Konstanta ruang

Dimana konstanta ruang dapat dihitung dengan rumus :

$$R = \frac{S_o\bar{a}}{1-\bar{a}} \quad (2.7)$$

Konstanta ruang (R) harus dalam satuan m^2 dan jarak antara sumber bunyi dengan penerima (r) dalam satuan meter.

Untuk menghitung pelemahan suara dalam ruang menurut Randall F. Barron (2003) dirumuskan:

$$L_p = L_w + 10 \log_{10} \left(\frac{4}{R} + \frac{Q}{4\pi r^2} \right) + 0.1 \quad (2.8)$$

L_p : Intensitas suara setelah perhitungan dengung (dB)

L_w : Intensitas sumber suara asli (dB)

R : Konstanta Ruang (m^2)

r : Jarak penerima sumber suara (m)

Q : Faktor keterarahan suara

6. Parameter berbasis nilai artikulasi (AL_{cons})

Bahasa Indonesia terdiri dari konsonan dan vocal. Konsonan atau huruf mati adalah fonem yang bukan vocal dan dengan kata lain

direalisasikan dengan obstruksi. Jadi aliran udara yang melewati mulut dihambat pada tempat-tempat artikulasi. Salah satu parameter kejelasan dalam berbicara adalah %ALCons. 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 maka akan semakin baik kejelasan pembicaraan (Mariani, 2008).

Tabel 4. Kriteria nilai ALcons (Sumber: Glen M. Ballou, 2008)

Kriteria kejelasan	AL_{cons}
Sempurna	0% - 1,5%
Bagus	1,6% - 5,0%
Cukup/dapat diterima	5,1% - 11,2%
Kurang	11,3% - 24,2%
Buruk	24,3% - 57%

V.M.A. Peutz dan W. Klein mengembangkan persamaan untuk menghitung kehilangan artikulasi konsonan yang dinyatakan dalam %,

$$\%AL_{cons} = 200 \frac{D^2 RT_{60}^2}{VQM}, \quad (2.9)$$

Dengan:

- D : Jarak terjauh antara sumber suara dengan penengar (m)
- RT_{60} : waktu reverberasi (detik)
- V : volume ruang (m^3)
- Q : Faktor keterarahan sumber suara
- M : Faktor pengubah, biasanya diambil = 1

Persamaan diatas berlaku apabila $D < 3,16D_c$. D_c atau jarak kritis adalah jarak dari sumber suara yang di tempat itu taraf sinyal sumber suara sama besar dengan taraf reverberasinya.

$$D_c = 0.057 \sqrt{\frac{Qv}{RT_{60}}} \quad (2.10)$$

Untuk jarak $D \geq 3,16D_c$ digunakan persamaan,

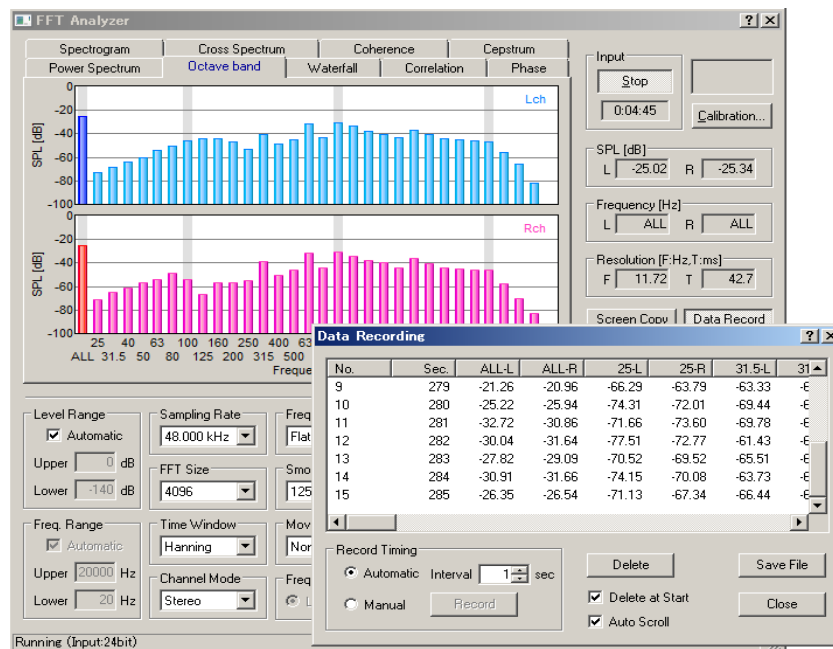
$$AL_{\text{cons}} = 9RT_{60} \quad (2.11)$$

7. DSSF3 sebagai *Real-time Analyzer* (DSSF3 v.5.2.0.20 *Help Document*. 2016)

DSSF3 adalah perangkat lunak yang menggabungkan tiga fungsi analisis yakni *Real-time Analyzer* (RA), *Sound Analyzer* (SA), dan *Environmental noise Analyzer* (EA). Sebagai perangkat lunak yang multifungsi, perangkat ini dapat dioperasikan pada sistem Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 8 dan Windows 10.

Dalam fungsi akustika DSSF3 menyediakan analisa yang cukup memadai, *Real-time Analyzer* adalah instrumen pengukuran virtual. Akustik getaran, atau sinyal elektronik yang diukur dan dianalisis secara *real-time*. Data pengukuran dapat disimpan sebagai gambar, teks, atau file suara (format wav) untuk dibuat dokumen, presentasi, dan pemrosesan lainnya.

Gambar 3. Grafik *Octave band* dengan perekaman data.



DSSF3 yang digunakan sebagai alat ukur memiliki fasilitas yakni program *Sound Level Meter* yang dapat dikalibrasikan pada *Hardware* untuk membuat sensitifitas pada setiap komputer/Laptop menjadi sama. Penggunaan *data record/export in the octave band analyzer* pada program *FFT analyzer* digunakan untuk mengukur setiap octave atau dB yang diterima oleh *microphone*. Setiap data yang diterima akan tercatat dan pengukuran dapat kita atur periode waktu ukur untuk mencari data atau desibel yang berlangsung secara berkelanjutan hingga waktu yang kita tentukan. Seperti yang dibutuhkan dalam penelitian ini, pengukuran akan di ambil setiap 10 detik dalam waktu 15 menit guru memberikan orientasi atau kegiatan belajar mengajar.

8. Perhitungan daya listrik penguat yang diperlukan

Daya listrik penguat suara (amplifier) yang diperlukan dapat dihitung menggunakan persamaan Brad Nelson (SVC, sept.2000).

$$L_{amp} = (L_p + \Delta D_x + L_{TM} + M_{offAxis}) - L_{sens}$$

Dengan L_{amp} : daya penguat dalam dB,

$L_p \geq L_n + 25 \text{ dB}$ (L_n taraf derau lingkungan di posisi hadirin, ΔD_x ; rugi jarak yang dihitung dari

$$\Delta D_x = 20 \log \frac{D_x}{D_{sens}} \quad (2.12)$$

Dengan

D_x : posisi pendengar (pendengar terjauh dari loudspeaker),

D_{sens} : jarak yang dinyatakan dalam rating kepekaan speaker,
(biasanya 1W dalam 1 meter)

L_{TM} : Transient margin (*headroom* atau *crest factor*) 10dB, bernilai 6dB jika ada limiter/*dynamic processing* dalam sistem tata

suaranya.

$M_{offAxis}$: 6dB (jangkauan di luar sumbu speaker)

L_{sens} : rating kepekaan *loudspeaker*

Selanjutnya digunakan rumus konfersi daya penguat energy listrik untuk mengetahui daya yang dibutuhkan untuk penguatan bunyi:

$$E_{PR} = P_{sens} \times 10^{\left\{\frac{L_{amp}}{10}\right\}} \quad (2.13)$$

Dengan

E_{PR} : daya listrik yang dibutuhkan (watt)

L_{amp} : kebutuhan daya penguat (dB)

P_{sens} : daya dalam spesifikasi kepekaannya, yang biasanya
1watt/1meter.

B. Penelitian yang Relevan

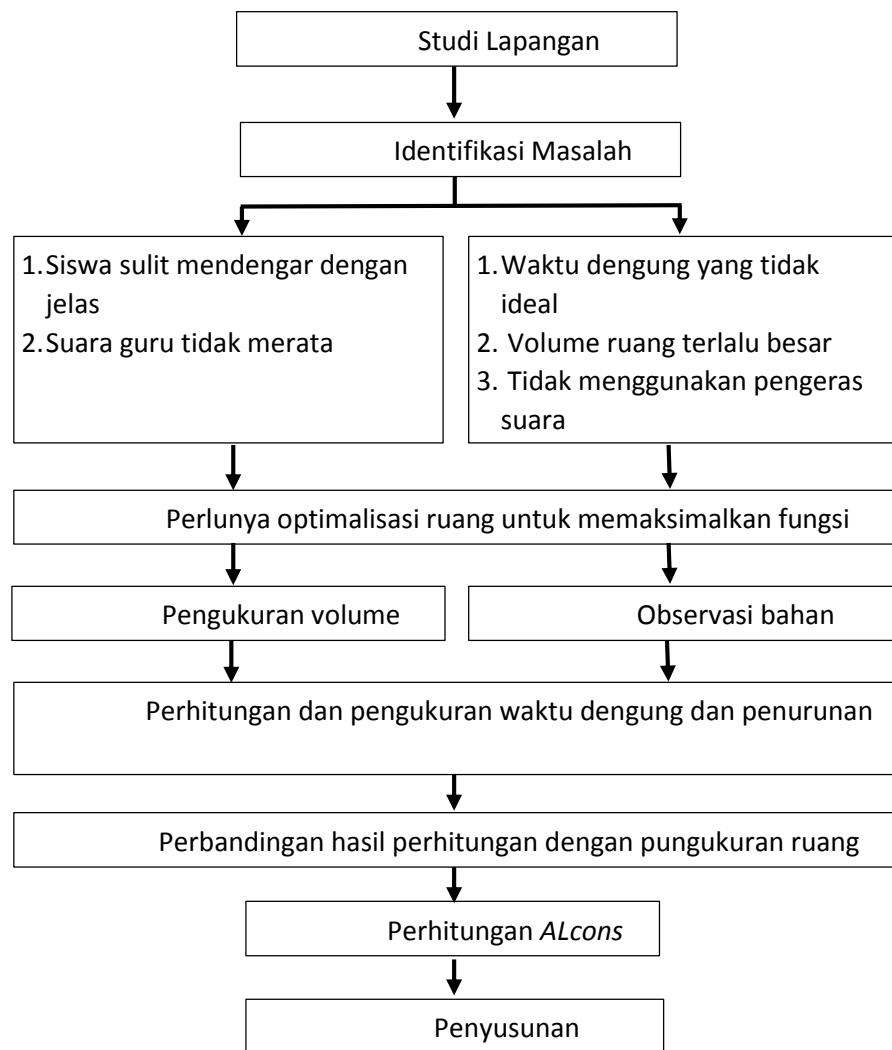
1. Optimalisasi performa akustik ruang pada ruang ibadah utama di Gereja Katholik Paroki Santo Thomas Kelapa Dua Depok Jawa Barat. Penelitian ini dibuat oleh Doni Malwita Setiawan, 2016.
2. Analisis waktu dengung (*reverberation time*) pada Ruang Kuliah B iii.01a FMIPA UNS Surakarta. Berdasarkan hasil penelitian disebutkan ruang B III.01A FMIPA UNS memiliki waktu dengung 5 sekon, waktu tersebut jauh dari standarnya yakni 0,5 hingga 0,7 sekon. Penggunaan *absorber* atau bahan penyerap bunyi dalam ruang menjadi salah satu solusi mengurangi waktu dengung dalam ruang. Penelitian ini dibuat oleh Okta Binti Masfiatur Rohmah, 2012.
3. Kajian terhadap kenyamanan ruang teori di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dari ketenangan ruangan. Berdasarkan hasil penelitian ada beberapa ruang kelas yang belum memenuhi syarat

kenyamanan ruang namun dari data observasi didapat 53,84% ruang sudah memenuhi kenyamanan akustik ruang dimana tingkat kebisingan berada pada taraf 35-45 dB. Penelitian ini dibuat oleh Sidiq Rintoko, 2012.

4. Analisis Pengaruh Kebisingan terhadap Performa siswa Sekolah Dasar di Ruang Kelas. Berdasarkan hasil penelitiannya taraf pajanan kebisingan ekuivalen secara ajeg selama 4 jam dibawah taraf kebisingan 43dBA belum memberikan pengaruh yang signifikan terhadap ketanggapan para siswa SD yang diuji dengan *Choice Reaction Time* dan *Psychophysics* test. Namun ketika taraf pejanan kebisingan di atas 53 dBA terbukti tanggapan siswa mulai terpengaruh. Penelitian ini dibuat oleh Alex Justian, 2012.

C. Kerangka Berpikir

Ruang kelas A.108 merupakan salah satu ruang kelas yang setiap harinya difungsikan sebagai ruang teori kegiatan belajar mengajar di SMK Negeri 2 Yogyakarta. Penggunaan ruang kelas yang aktif secara tidak langsung mempengaruhi kualitas kegiatan belajar mengajar yang ada di dalamnya. Setiap kegiatan belajar mengajar tentunya bertujuan terhadap hasil belajar, saat ini evaluasi tentang hasil belajar banyak dilihat dari aspek guru, siswa dan media pembelajarannya saja sedangkan aspek-aspek lain juga mempunyai andil dalam proses kegiatan belajar itu sendiri. Beberapa faktor eksternal sering diabaikan dalam proses belajar seperti lingkungan, arsitektur, tata udara, suhu dan suara.



Gambar 4. Kerangka Berpikir