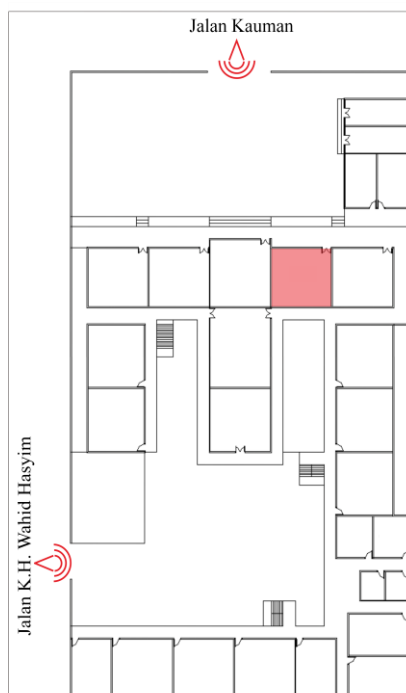


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kondisi Eksisting Ruang Kelas SDN Kauman 1 Malang

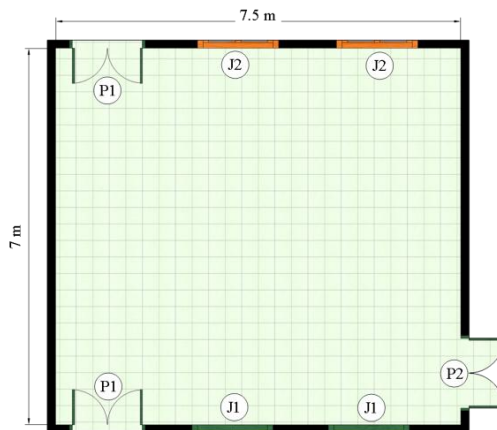
SDN Kauman 1 Malang memiliki 12 ruang kelas dengan empat orientasi yang berbeda. Sesuai dengan sampel penelitian, diambil enam ruang kelas dalam penelitian ini. Ruang kelas yang ada tipikal sehingga dimensi ruang kelas sama yaitu 7 x 7,5 meter dengan tinggi 3,4 meter kecuali pada ruang kelas A yaitu 4 meter. Hal ini karena ruang kelas A merupakan bagian dari bangunan lama sedangkan ruang kelas lain adalah bagian dari bangunan baru/tambahan. Material yang digunakan pada tiap kelas tipikal, yaitu material plafon ruangan berupa eternit, material dinding berupa bata yang sudah diplester dan di cat, material lantai berupa keramik, serta material pintu dan jendela berupa kayu dan kaca. Meskipun tipikal, terdapat beberapa komposisi bukaan yang berbeda antar ruang kelas. Perbedaan komposisi tersebut digunakan untuk mengelompokkan kategori tiap ruang kelas menjadi tiga kategori, yaitu kategori 1 yang terdiri dari ruang kelas A, kategori 2 yang terdiri dari ruang kelas B dan D, serta kategori 3 yang terdiri dari ruang kelas C, E, dan F.

1. Kategori 1



Kategori 1 hanya terdiri dari ruang kelas A. Gambar 4.1 menunjukkan letak ruang kelas A yang berwarna merah. Ruang kelas A berada di lantai 1 pada bagian utara atau bagian depan sekolah yang berjarak 10 meter dari Jl. Kauman dipisahkan oleh pagar pembatas dan lapangan depan. Ruang kelas A memiliki ukuran 7 x 7,5 meter dengan ketinggian 4 meter. Karena merupakan bagian dari bangunan lama, ruang kelas ini memiliki jenis bukaan yang lebih besar dan berbeda dengan ruang kelas lainnya.

Gambar 4.1 Gambar letak ruang kelas A kategori 1 pada layout SDN Kauman 1 Malang

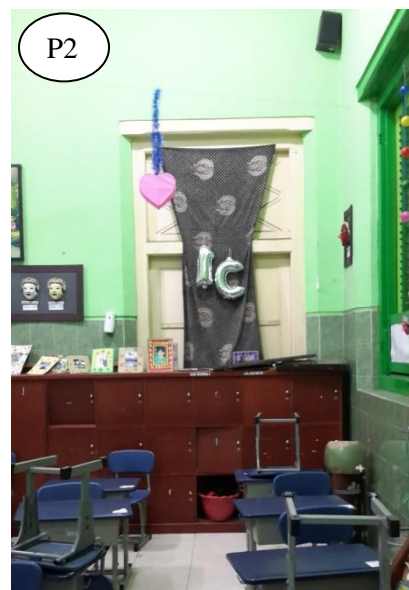


Gambar 4.2 Gambar denah dan letak tiap jenis bukaan ruang kelas A

Pada ruang kelas A terdapat tiga buah pintu kayu yang terdiri dari dua P1 dan satu P2 dengan ukuran yang sama yaitu 1,47 x 3 meter. Kedua pintu P1 dapat digunakan, sedangkan pintu P2 tidak dapat digunakan karena permanen tertutup. Pintu P1 bawah menuju ke lapangan depan dan pada pintu P1 atas menuju ke lapangan dalam atau tengah. Pintu P2 menuju ke ruang disebelahnya.



Gambar 4.3 Gambar pintu P1 pada ruang kelas A



Gambar 4.4 Gambar pintu P2 pada ruang kelas A

Bukaan jendela di ruang kelas A terdapat dua macam, yaitu dua jendela J1 dan dua jendela J2. Jendela J1 merupakan jendela kayu tanpa kaca dengan ukuran 1,47 x 1,92 meter menghadap ke depan sekolah. Jendela J2 merupakan jendela kaca kusen kayu berukuran 1,47 x 0,9 meter menghadap ke dalam sekolah dengan ketinggian 2,5 meter dari lantai ruang kelas. Posisi jendela J2 yang tinggi membuat fungsinya menjadi ventilasi.



Gambar 4.5 Gambar jendela J1 pada ruang kelas A



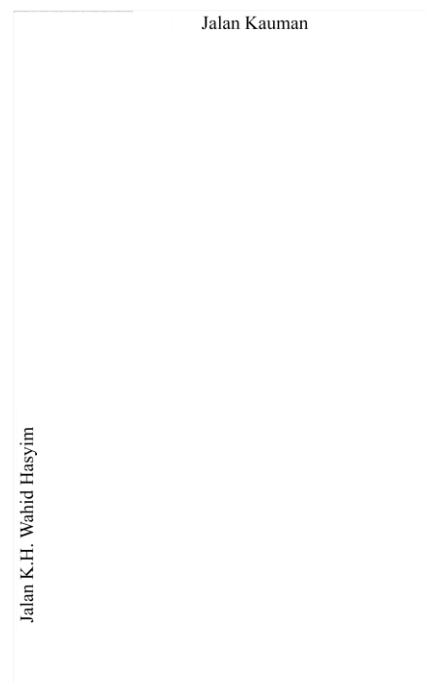
Gambar 4.6 Gambar jendela J2 pada ruang kelas A

2. Kategori 2

Kategori 2 terdiri dari ruang kelas B dan D yang memiliki dimensi ruang yang sama serta jenis, ukuran, dan komposisi material dan bukaan yang sama.



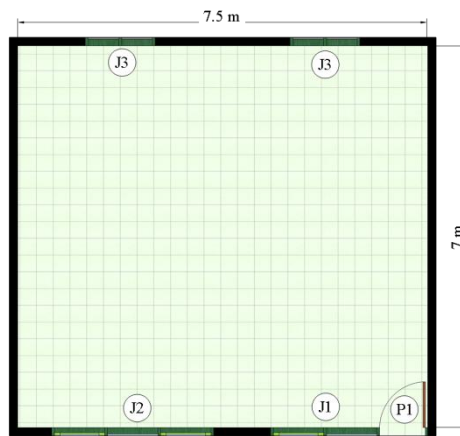
Gambar 4.7 Gambar letak ruang kelas B kategori 2 pada layout SDN Kauman 1Malang



Gambar 4.8 Gambar letak ruang kelas D kategori 2 pada layout SDN Kauman 1Malang

Orientasi ruang kelas juga sama hanya berbeda pada ketinggian letak ruang kelas, ruang kelas B pada lantai 1 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.7 sedangkan ruang kelas D pada lantai 2 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.8. Orientasi ruang kelas menghadap Jl. KH. Wahid Hasyim dengan jarak 20

meter terpisah oleh lapangan dalam atau tengah. Sisi lain dari ruang kelas ini bersebelahan dengan Hotel Pelangi yang tepat berada disebelah timur SDN Kauman 1 Malang.



Gambar 4.9 Gambar denah dan letak tiap jenis bukaan pada ruang kelas kategori 2

Berbeda dengan ruang pada kategori 1, ruang kelas pada kategori 2 hanya memiliki satu pintu. Pintu P1 berukuran 1 x 2,25 meter dari material kayu. Pintu P1 menghadap ke lapangan dalam sekolah hanya dipisahkan oleh koridor selebar 1,2 meter. Jendela yang ada juga berbeda dengan kategori sebelumnya, jendela pada kategori ini terdiri dari satu jendela J1, satu jendela J2, dan dua jendela J3 yang seluruhnya terbuat dari material kusen kayu dengan kaca pada umumnya. Jendela J1 dan J2 memiliki kemiripan pada ukuran dan material, hanya berbeda pada komposisi jendela. Keduanya terdiri dari komposisi jendela berukuran 0,95 x 1,25 meter yang diulang. Sedangkan pada jendela J3 merupakan jendela kaca mati dengan ukuran 1,25 x 0,5 meter.



Gambar 4.10 Gambar pintu P1 pada ruang kelas kategori 2



Gambar 4.11 Gambar jendela J1 pada ruang kelas kategori 2

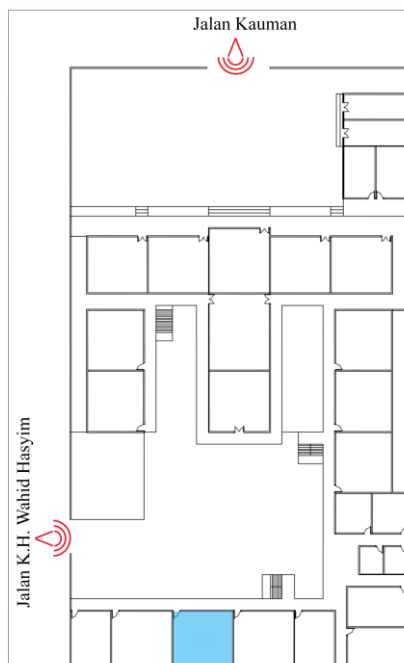


Gambar 4.12 Gambar jendela J2 pada ruang kelas kategori 2



Gambar 4.13 Gambar jendela J3 pada ruang kelas kategori 2

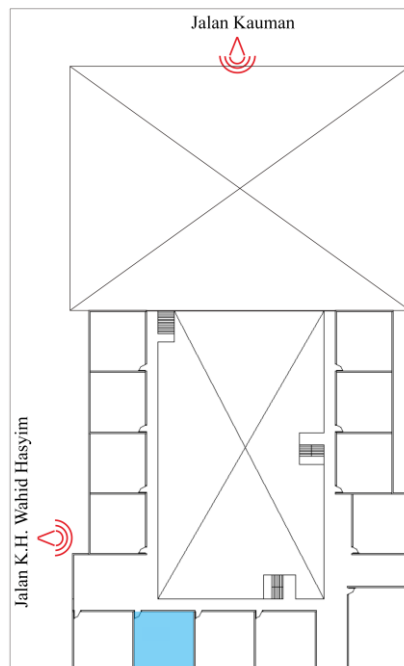
3. Kategori 3



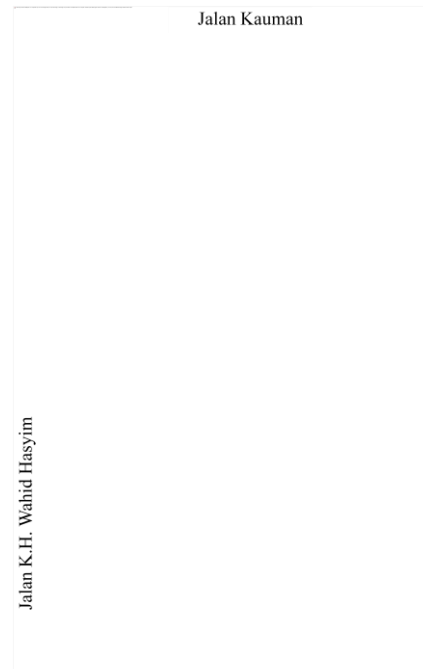
Gambar 4.14 Gambar letak ruang kelas C kategori 3 pada layout SDN Kauman 1Malang

Ruang kelas pada kategori 3 terdiri dari ruang kelas C, E, dan F. Ruang-ruang kelas tersebut memiliki dimensi ruang yang sama serta jenis, ukuran, dan komposisi material dan bukaan yang sama. Ruang kelas C dan E berada di bagian paling belakang sekolah dan memiliki orientasi ruang yang sama yaitu menghadap ke lapangan dalam, lurus dengan Jl. Kauman. Perbedaannya pada kelas C berada di lantai 1 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.13, sedangkan kelas E berada di lantai 2 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.14. Bagian belakang kelas C dan E bersebelahan dengan TK, namun tidak bersebelahan langsung dengan bangunannya. Kelas F yang berada di lantai 2 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.15

menghadap ke lapangan dalam juga tetapi bersebelahan langsung dengan Jl. KH. Wahid Hasyim.

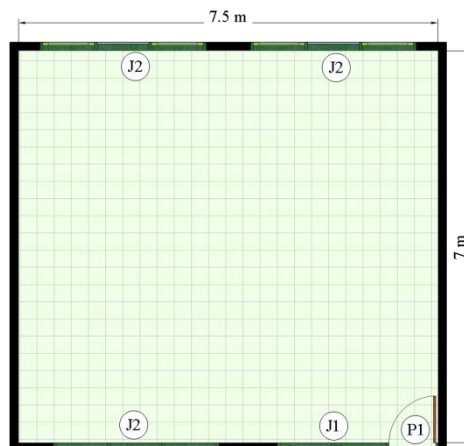


Gambar 4.15 Gambar letak ruang kelas E kategori 3 pada layout SDN Kauman 1Malang



Gambar 4.16 Gambar letak ruang kelas F kategori 3 pada layout SDN Kauman 1Malang

Dimensi dan jenis material serta bukaan pada ruang kategori 3 ini sama dengan yang ada pada kategori 2, namun terdapat perbedaan pada komposisinya. Pada ruang kelas kategori 3, bagian jendela J3 pada kategori 2 digantikan oleh jendela J2 yang sama pada bagian depan ruang kelas karena ruang kelas pada kategori 3 tidak bersebelahan langsung dengan bangunan lain.



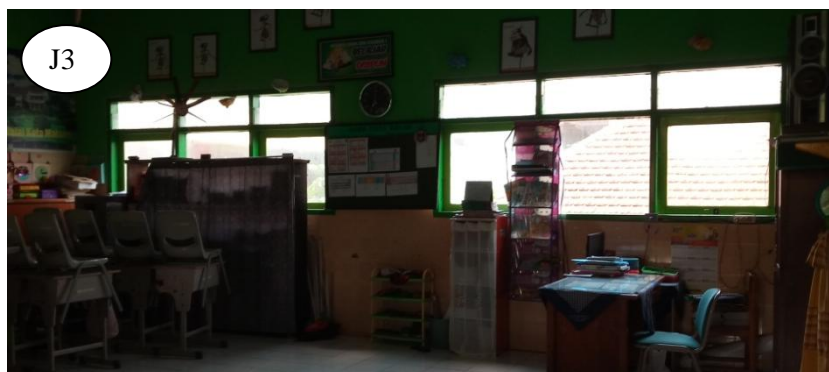
Gambar 4.17 Gambar denah dan letak tiap jenis bukaan pada ruang kelas kategori 3

Ruang kelas pada kategori 3 terdiri dari satu pintu P1, satu jendela J1, dan tiga jendela J2. Pintu P1, jendela J1, dan jendela J2 yang berada di depan menghadap ke lapangan dalam sekolah. Pada kedua jendela J2 dibelakang, menghadap ke TK pada kelas C dan E. Kedua jendela J2 tersebut menghadap langsung ke Jalan K.H. Wahid Hasyim pada kelas F.



Gambar 4.19 Gambar pintu P1 dan jendela J1 pada ruang kelas kategori 3

Gambar 4.18 Gambar jendela J2 pada bagian depan ruang kelas kategori 3



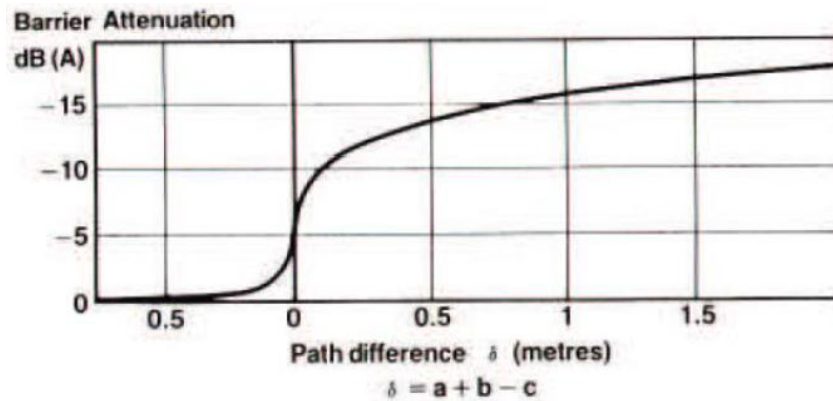
Gambar 4.20 Gambar jendela J2 pada bagian belakang ruang kelas kategori 3

4.2. Analisis Data Hasil Pengukuran Kondisi Eksisting

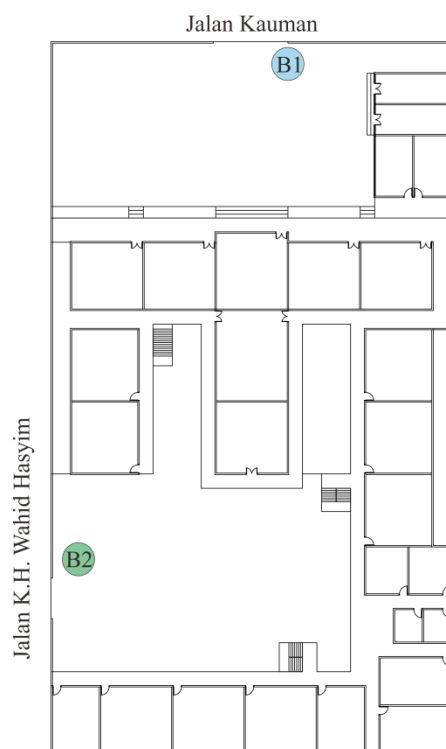
4.2.1. Analisis Data Hasil Perhitungan Reduksi Kebisingan oleh *Barrier*

Reduksi kebisingan yang diberikan oleh *barrier* dihitung menggunakan *formula department of transport United Kingdom (UK)*. Perhitungan dengan cara ini lebih mudah karena faktor frekuensi sudah dinormalkan dengan mengambil frekuensi secara umum. Reduksi kebisingan dihitung menggunakan

bagian Gambar 4.21, dengan menghitung selisih jarak (*path difference*) dari posisi tiga titik yang menentukan sumber bising, *barrier*, dan bangunan terlebih dahulu. Selisih jarak (δ) dihitung dengan mengetahui jarak (a) jarak sumber bising dengan *barrier*, (b) jarak *barrier* dengan ambang atas bukaan, dan (c) jarak ambang atas bukaan dengan sumber bising.



Gambar 4.21 Bagan reduksi barrier Formula Department of Transport,UK
(Sumber: Mediastika, 2005)



Gambar 4.22 Gambar letak barrier B1 dan B2 pada SDN Kauman

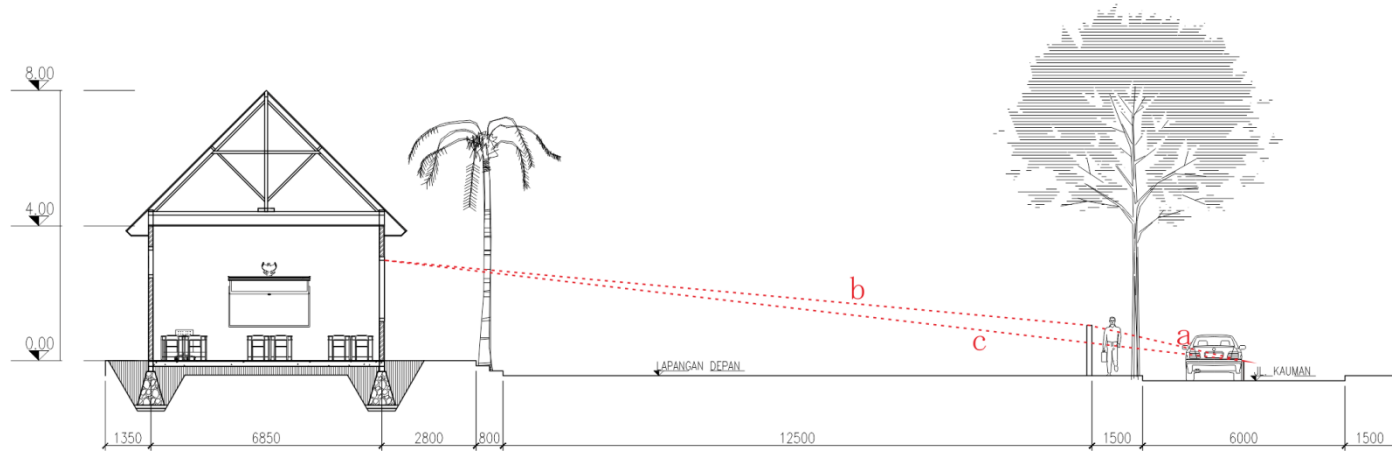
Bangunan SDN Kauman 1 Malang berada di pojok menghadap dua jalan raya yang berbeda sehingga terdapat dua *barrier* yang berbeda. *Barrier* B1 pada Jalan Kauman memiliki tinggi 1,5 meter dan memiliki jarak 12,5 meter menuju ruang kelas. Pada *barrier* B2 yang berada di Jalan K.H. Wahid Hasyim memiliki tinggi 2 meter dan memiliki jarak 32 meter menuju ruang kelas. Kedua *barrier* memiliki jarak yang berbeda sehingga dilakukan perhitungan yang berbeda. Perhitungan reduksi bising oleh *barrier* eksisting sebagai berikut:

1. *Barrier B1*

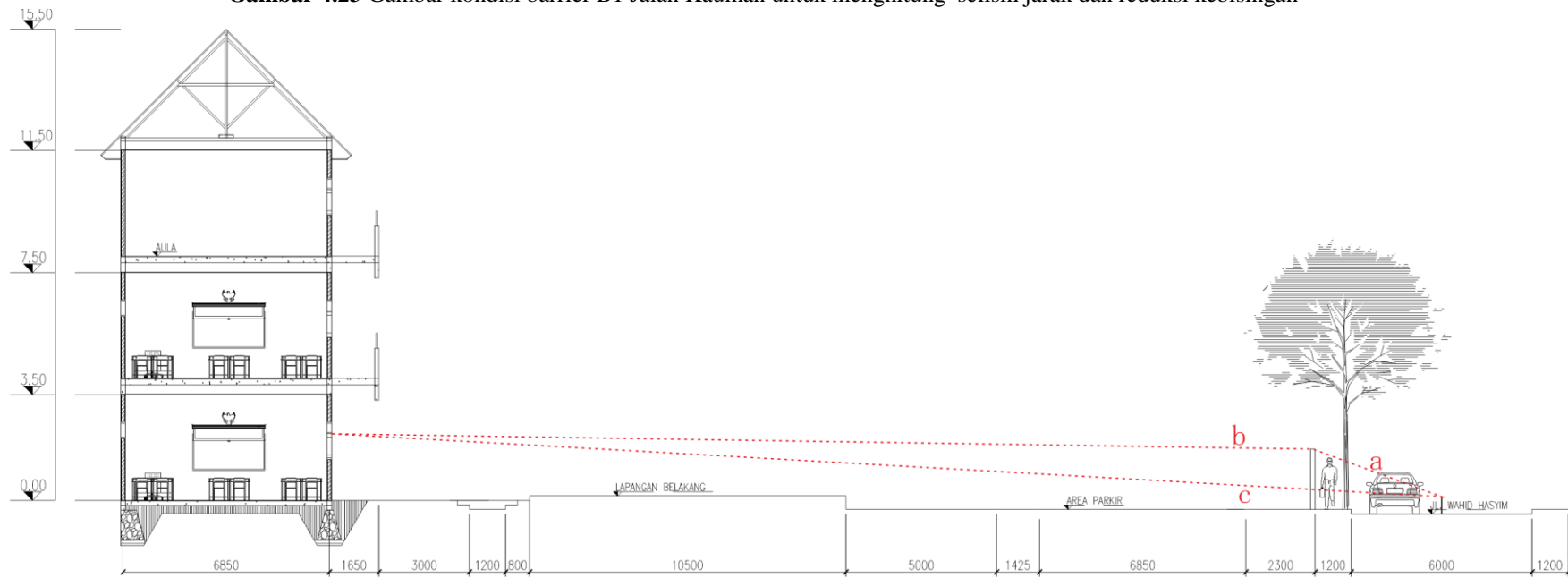
Perhitungan selisih jarak (δ) sesuai dengan Gambar 4.23, sehingga selisih jarak (δ) = $5,2 + 12,7 - 17,8 = 0,1$. Hasil dari selisih jarak tersebut diletakkan ke dalam bagan pada Gambar 4.21, maka nilai reduksi kebisingan yang diberikan oleh *barrier* adalah 7 s.d. 8 dBA.

2. *Barrier B2*

Perhitungan selisih jarak (δ) sesuai dengan Gambar 4.24, sehingga selisih jarak (δ) = $5,3 + 31,9 - 37,1 = 0,1$. Hasil dari selisih jarak tersebut diletakkan ke dalam bagan pada Gambar 4.21, maka nilai reduksi kebisingan yang diberikan oleh *barrier* adalah 7 s.d. 8 dBA.



Gambar 4.23 Gambar kondisi barrier B1 Jalan Kauman untuk menghitung selisih jarak dan reduksi kebisingan



Gambar 4.24 Gambar kondisi barrier B2 Jalan K.H. Wahid Hasyim untuk menghitung selisih jarak dan reduksi kebisingan

4.2.2. Analisis Data Hasil Pengukuran Tingkat Kebisingan Eksisting

Pengukuran tingkat kebisingan pada kondisi eksisting yaitu pada enam kelas sampel penelitian. Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan pada pukul 10.00 hari Rabu saat kegiatan belajar mengajar berlangsung. Pengukuran pada enam sampel ruang kelas dengan masing-masing enam titik ukur tiap kelas. Berikut hasil pengukuran tingkat kebisingan eksisting:

a. Kelas A

Tabel 4.1 Tabel hasil pengukuran tingkat kebisingan pukul 10.00 pada kelas A

Letak titik	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Rata-rata
Dalam ruang	69	68	64,7	65,8	67,3	65,7	66,75
Luar ruang	73,6	72,6	67,4	68,5	70,3	64,5	69,5
Selisih	4,6	4,6	2,7	2,7	3	1,2	2,75

Pada pengukuran tingkat kebisingan pada kelas A didapat bahwa rata-rata tingkat kebisingan di dalam ruang kelas sebesar 66,75 dB dengan rata-rata tingkat kebisingan luar ruang 69,5 dB. Tingkat kebisingan dalam ruang kelas A belum sesuai dengan tingkat kebisingan yang dianjurkan SNI untuk ruang kelas yaitu 35-40 dB. Selisih tingkat kebisingan dalam ruang kelas A dengan SNI yaitu 20,75 – 31,75 dB.

b. Kelas B

Tabel 4.2 Tabel hasil pengukuran tingkat kebisingan pukul 10.00 pada kelas B

Letak titik	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Rata-rata
Dalam ruang	64,9	62,5	65,2	65,8	61,8	60,3	63,4
Luar ruang	68,9	68,4	71,7	73,6	66,6	65,1	67,03
Selisih	4	5,9	6,5	7,6	4,8	4,8	3,63

Pada pengukuran tingkat kebisingan pada kelas B didapat bahwa rata-rata tingkat kebisingan di dalam ruang kelas sebesar 63,4 dB dengan rata-rata tingkat kebisingan luar ruang 67,03 dB. Tingkat kebisingan dalam ruang kelas A belum sesuai dengan tingkat kebisingan yang dianjurkan SNI untuk ruang kelas yaitu 35-40 dB. Selisih tingkat kebisingan dalam ruang kelas B dengan SNI yaitu 23,4 – 28,4 dB.

c. Kelas C

Tabel 4.3 Tabel hasil pengukuran tingkat kebisingan pukul 10.00 pada kelas C

Letak titik	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Rata-rata
Dalam ruang	61,3	61,5	62	63,2	61,8	62,3	62,02
Luar ruang	66,8	68	70,6	74,6	68,1	69,1	69,53
Selisih	5,5	6,5	8,6	11,4	6,3	6,8	7,51

Pada pengukuran tingkat kebisingan pada kelas C didapat bahwa rata-rata tingkat kebisingan di dalam ruang kelas sebesar 62,02 dB dengan rata-rata tingkat kebisingan luar ruang 69,53 dB. Tingkat kebisingan dalam ruang kelas C belum sesuai dengan tingkat kebisingan yang dianjurkan SNI untuk ruang kelas yaitu 35-40 dB. Selisih tingkat kebisingan dalam ruang kelas C dengan SNI yaitu 22,02 – 27,02 dB.

d. Kelas D

Tabel 4.4 Tabel hasil pengukuran tingkat kebisingan pukul 10.00 pada kelas D

Letak titik	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Rata-rata
Dalam ruang	68	63,4	67,7	66	66,3	65,1	66,08
Luar ruang	74,9	65,5	75	74,8	73,2	70,1	72,96
Selisih	6,9	2,1	7,3	8,8	5,9	5	6,88

Pada pengukuran tingkat kebisingan pada kelas D didapat bahwa rata-rata tingkat kebisingan di dalam ruang kelas sebesar 66,08 dB dengan rata-rata tingkat kebisingan luar ruang 72,96 dB. Tingkat kebisingan dalam ruang kelas D belum sesuai dengan tingkat kebisingan yang dianjurkan SNI untuk ruang kelas yaitu 35-40 dB. Selisih tingkat kebisingan dalam ruang kelas D dengan SNI yaitu 26,08 – 31,08 dB.

e. Kelas E

Tabel 4.5 Tabel hasil pengukuran tingkat kebisingan pukul 10.00 pada kelas E

Letak titik	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Rata-rata
Dalam ruang	63,5	64,4	65	63,7	64,3	66	64,48
Luar ruang	67,5	70,7	71,9	66,3	68,7	70,2	70,88
Selisih	4	6,3	6,9	2,6	4,4	4,2	6,4

Pada pengukuran tingkat kebisingan pada kelas E didapat bahwa rata-rata tingkat kebisingan di dalam ruang kelas sebesar 64,48 dB dengan rata-rata tingkat kebisingan luar ruang 70,88 dB. Tingkat kebisingan dalam ruang kelas E belum sesuai dengan tingkat kebisingan yang dianjurkan SNI untuk ruang kelas yaitu 35-40 dB. Selisih tingkat kebisingan dalam ruang kelas E dengan SNI yaitu 24,48 – 29,48 dB.

f. Kelas F

Tabel 4.6 Tabel hasil pengukuran tingkat kebisingan pukul 10.00 pada kelas F

Letak titik	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Rata-rata
Dalam ruang	63,4	66,4	70,7	65,2	66,7	70,5	67,15
Luar ruang	69,6	67,2	74,5	68,8	72,8	73,1	71
Selisih	6,2	0,8	3,8	3,6	6,1	2,6	3,85

Pada pengukuran tingkat kebisingan pada kelas F didapat bahwa rata-rata tingkat kebisingan di dalam ruang kelas sebesar 67,15 dB dengan rata-rata tingkat kebisingan luar ruang 71 dB. Tingkat kebisingan dalam ruang kelas F belum sesuai dengan tingkat kebisingan yang dianjurkan SNI untuk ruang kelas yaitu 35-40 dB. Selisih tingkat kebisingan dalam ruang kelas F dengan SNI yaitu 27,15 – 32,15 dB.

Rata-rata tingkat kebisingan dalam ruang pada masing-masing kelas belum memenuhi tingkat kebisingan yang dianjurkan SNI untuk ruang kelas yaitu 35-40 dB. Tingkat kebisingan tertinggi terdapat pada kelas F yaitu 67,15 dB yang letaknya berada di lantai 2 dengan jarak ke sumber kebisingan (Jalan KH. Wahid Hasyim) sebesar 1,2 meter. Tingkat kebisingan terendah terdapat pada kelas C yaitu 62,02 dB yang letaknya berada di lantai 1 dengan jarak ke sumber kebisingan (Jalan Kauman) sebesar 60 meter.

4.2.3. Analisis Data Hasil Perhitungan Waktu Dengung (RT) Eksisting

Waktu dengung (RT) didapatkan dari rumus Sabine, $RT = \frac{0,16 V}{A}$. Sehingga dibutuhkan data berupa volume ruang dan penyerapan ruang total. Penyerapan ruang total didapat dari luas permukaan material pada ruang dan koefisien absorpsi dari material tersebut.

1. Volume ruang

Jenis enam ruang kelas yang digunakan sebagai sampel penelitian memiliki dimensi ruangan yang tipikal. Masing-masing ruang kelas berukuran sama yaitu dengan tinggi 3,5 meter pada ruang kelas B dan D (ruang kelas kategori 2) serta pada ruang kelas C, E, dan F (ruang kelas kategori 3). Pada ruang kelas A (ruang kelas kategori 1) memiliki ketinggian 4 meter. Ruang kelas A memiliki volume ruang 201,56 m³ sedangkan pada ruang kelas B, C, D, E dan F memiliki volume ruang 170,58 m³.

2. Penyerapan ruang total

Penyerapan ruang total dapat dihitung dengan mengetahui jenis dan dimensi material pada ruang kelas serta koefisien serap material tersebut. Terdapat ruang-ruang kelas yang memiliki jenis, ukuran, dan koefisien serap

material serta volume ruang yang sama, sehingga dikategorikan menjadi 3 sesuai dengan komposisi yang sama.

a. Kategori 1

Kategori 1 terdiri dari kelas A saja yang memiliki tinggi ruang kelas dan komposisi bukaan yang berbeda dengan ruang kelas lainnya. Berikut adalah data pengukuran luas permukaan material dan koefisien serap tiap material di dalam ruang kelas A.

Tabel 4.7 Luas permukaan & nilai koefisien serap tiap material pada Kategori 1

No.	Material	S (m)	Koefisien serap bahan α					
			α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}
Elemen dinding								
1	Bata, diplester dan dicat	51.29	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
2	Tegel keramik	40.16	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
3	Kusen kayu	17.47	0.15	0.11	0.1	0.07	0.06	0.07
4	Kaca (<i>ordinary window</i>)	4.3	0.36	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
5	Kaca buram	0.5	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
Elemen lantai								
6	Tegel keramik	50.39	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Elemen plafon								
7	Gypsum	50.39	0.29	0.1	0.05	0.08	0.07	0.09
Kursi								
8	Kursi (28 buah)	28	0.15	0.19	0.22	0.39	0.38	0.3
ΣS		242.5						

Setelah mengetahui ukuran luas permukaan material beserta nilai koefisien serapnya pada ruang kelas kemudian dihitung total koefisien serap tiap material pada ruang kelas A yang hasilnya ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.8 Perhitungan total koefisien serap tiap material pada Kategori 1

No.	Material	S. α (luas permukaan x koefisien serap material)					
		α 125	α 250	α 500	α 1000	α 2000	α 4000
Elemen dinding							
1	Bata, diplester dan dicat	0.5129	0.5129	1.0258	1.0258	1.0258	1.5387
2	Tegel keramik	0.4016	0.4016	0.4016	0.4016	0.8032	0.8032
3	Kusen kayu	2.6205	1.9217	1.747	1.2229	1.0482	1.2229
4	Kaca (<i>ordinary window</i>)	1.548	1.075	0.774	0.516	0.301	0.172
5	Kaca buram	0.09	0.03	0.02	0.015	0.01	0.01
Elemen lantai							
6	Tegel keramik	0.5039	0.5039	0.5039	0.5039	1.0078	1.0078
Elemen plafon							
7	Gypsum	14.6131	5.039	2.5195	4.0312	3.5273	4.5351
Kursi							
8	Kursi (28 buah)	4.2	5.32	6.16	10.92	10.64	8.4
ΣS.α		24.49	14.8	13.2	18.6	18.4	17.7

b. Kategori 2

Kategori 2 terdiri dari kelas B dan D yang memiliki tinggi ruang kelas dan komposisi bukaan yang sama. Berikut adalah data pengukuran luas permukaan material dan koefisien serap tiap material di dalam ruang kelas pada kategori 2.

Tabel 4.9 Luas permukaan & nilai koefisien serap tiap material pada Kategori 2

No.	Material	S (m)	Koefisien serap bahan α					
			α 125	α 250	α 500	α 1000	α 2000	α 4000
Elemen dinding								
1	Bata, diplester dan dicat	43.45	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
2	Tegel keramik	42.56	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
3	Kusen kayu	2.2	0.15	0.11	0.1	0.07	0.06	0.07

4	Kaca (<i>ordinary window</i>)	6.4	0.36	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
5	Kaca buram	1.26	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
Elemen lantai								
6	Tegel keramik	50.17	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Elemen plafon								
7	Gypsum	50.17	0.29	0.1	0.05	0.08	0.07	0.09
Kursi								
8	Kursi (32 buah)	32	0.15	0.19	0.22	0.39	0.38	0.3
		ΣS	228.21					

Setelah mengetahui ukuran luas permukaan material beserta nilai koefisien serapnya pada ruang kelas kemudian dihitung total koefisien serap tiap material di ruang kelas pada kategori 2.

Tabel 4.10 Perhitungan total koefisien serap tiap material pada Kategori 2

No.	Material	S. α (luas permukaan x koefisien serap material)						
		$\alpha 125$	$\alpha 250$	$\alpha 500$	$\alpha 1000$	$\alpha 2000$	$\alpha 4000$	
Elemen dinding								
1	Bata, diplester dan dicat	0.4345	0.4345	0.869	0.869	0.869	1.3035	
2	Tegel keramik	0.4256	0.4256	0.4256	0.4256	0.8512	0.8512	
3	Kusen kayu	0.33	0.242	0.22	0.154	0.132	0.154	
4	Kaca (<i>ordinary window</i>)	2.304	1.6	1.152	0.768	0.448	0.256	
5	Kaca buram	0.2268	0.0756	0.0504	0.0378	0.0252	0.0252	
Elemen lantai								
6	Tegel keramik	0.5017	0.5017	0.5017	0.5017	1.0034	1.0034	
Elemen plafon								
7	Gypsum	14.5493	5.017	2.5085	4.0136	3.5119	4.5153	
Kursi								
8	Kursi (32 buah)	4.8	6.08	7.04	12.48	12.16	9.6	
		$\Sigma S.\alpha$	23.57	14.38	12.77	19.25	19.01	17.71

c. Kategori 3

Kategori 3 terdiri dari kelas C, E dan F yang memiliki tinggi ruang kelas dan komposisi bukaan yang sama. Berikut adalah data pengukuran luas permukaan material dan koefisien serap tiap material di dalam ruang pada kategori 3.

Tabel 4.11 Luas permukaan & nilai koefisien serap tiap material pada Kategori 3

No.	Material	S (m)	Koefisien serap bahan α					
			α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}
Elemen dinding								
1	Bata, diplester dan dicat	39.44	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
2	Tegel keramik	41.11	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
3	Kusen kayu	2.2	0.15	0.11	0.1	0.07	0.06	0.07
4	Kaca (<i>ordinary window</i>)	13.58	0.36	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
Elemen lantai								
5	Tegel keramik	50.17	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Elemen plafon								
6	Gypsum	50.17	0.29	0.1	0.05	0.08	0.07	0.09
Kursi								
7	Kursi (32 buah)	32	0.15	0.19	0.22	0.39	0.38	0.3
		ΣS	228.67					

Setelah mengetahui ukuran luas permukaan material beserta nilai koefisien serapnya pada ruang kelas kemudian dihitung total koefisien serap tiap material di ruang kelas pada kategori 3.

Tabel 4.12 Perhitungan total koefisien serap tiap material pada Kategori 3

No.	Material	S. α (luas permukaan x koefisien serap material)					
		α 125	α 250	α 500	α 1000	α 2000	α 4000
Elemen dinding							
1	Bata, diplester dan dicat	0.3944	0.3944	0.7888	0.7888	0.7888	1.1832
2	Tegel keramik	0.4111	0.4111	0.4111	0.4111	0.8222	0.8222
3	Kusen kayu	0.33	0.242	0.22	0.154	0.132	0.154
4	Kaca (<i>ordinary window</i>)	4.8888	3.395	2.4444	1.6296	0.9506	0.5432
Elemen lantai							
5	Tegel keramik	0.5017	0.5017	0.5017	0.5017	1.0034	1.0034
Elemen plafon							
6	Gypsum	14.5493	5.017	2.5085	4.0136	3.5119	4.5153
Kursi							
7	Kursi (32 buah)	4.8	6.08	7.04	12.48	12.16	9.6
ΣS.α		25.87	16.04	13.91	19.98	19.37	17.82

3. Waktu dengung (RT)

Hasil data volume ruang dan data total koefisien serap material pada ruang kelas kemudian dihitung menggunakan rumus Sabine untuk mengetahui nilai waktu dengung di masing-masing ruang kelas.

a. Kategori 1 (ruang kelas A)

Tabel 4.13 Tabel perhitungan waktu dengung (RT) pada kategori 1

Hasil	Koefisiensi serap total					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
ΣS.α	24.49	14.8041	13.1518	18.6364	18.3633	17.6897
Hasil	Waktu dengung (detik)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
RT	1.31685	2.178424	2.45211	1.73046	1.7562	1.82307

Perhitungan diatas menunjukkan besar waktu dengung (RT) dari ruang kelas A. Waktu dengung (RT) pada ruang kelas A berkisar antara 1,32 – 2,45 detik yang belum memenuhi waktu dengung yang dianjurkan SNI untuk ruang kelas yaitu 0,6 – 0,7 detik.

b. Kategori 2 (ruang kelas B dan D)

Tabel 4.14 Tabel perhitungan waktu dengung (RT) pada kategori 2

Hasil	Koefisiensi serap total					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
$\Sigma S.a$	23.5719	14.3764	12.7672	19.2497	19.0007	17.7086

Hasil	Waktu dengung (detik)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
RT	1.15784	1.898422	2.1377	1.41781	1.43639	1.5412

Perhitungan diatas menunjukkan besar waktu dengung (RT) dari ruang kelas pada kategori 2. Waktu dengung (RT) pada ruang kelas A berkisar antara 1,16 – 2,14 detik yang belum memenuhi waktu dengung yang dianjurkan SNI untuk ruang kelas yaitu 0,6 – 0,7 detik.

c. Kategori 3 (ruang kelas C, E, dan F)

Tabel 4.15 Tabel perhitungan waktu dengung (RT) pada kategori 3

Hasil	Koefisiensi serap total					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
$\Sigma S.a$	25.8753	16.0412	13.9145	19.9788	19.3689	17.8213

Hasil	Waktu dengung (detik)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
RT	1.05477	1.701399	1.96144	1.36607	1.40909	1.53145

Perhitungan diatas menunjukkan besar waktu dengung (RT) dari ruang kelas pada kategori 3. Waktu dengung (RT) pada ruang kelas A berkisar antara 1.05 – 1.96 detik yang belum memenuhi

waktu dengung yang dianjurkan SNI untuk ruang kelas yaitu 0,6 – 0,7 detik.

Setelah waktu dengung (RT) masing-masing ruang kelas dari tiap kategori dihitung menggunakan rumus sabine didapatkan hasil waktu dengung (RT) belum memenuhi SNI waktu dengung pada ruang kelas. Waktu dengung (RT) yang didapatkan diatas 0,6 – 0,7 detik yang merupakan waktu dengung yang dianjurkan untuk ruang kelas oleh SNI.

4.3. Verifikasi Hasil Pengukuran Lapangan dengan Simulasi

Perhitungan dari waktu dengung (RT) juga dilakukan melalui simulasi *Ecotect*. Hal ini dilakukan untuk mempermudah langkah selanjutnya dalam memberikan rekomendasi desain akustik ruang kelas agar memenuhi SNI. Simulasi dilakukan dengan cara membuat model sesuai dengan kondisi lapangan atau eksisting dari bentuk dan dimensi ruang serta dari bentuk, jenis, dimensi, dan komposisi bukaan dan material pelengkap ruang kelas. Hasil perhitungan simulasi kemudian diverifikasi dengan membandingkan dengan hasil perhitungan manual menggunakan rumus sabine. Perhitungan dilakukan pada frekuensi 500 Hz, 1000 Hz, dan 2000 Hz sesuai dengan kebutuhan ruang kelas yaitu sebagai kebutuhan ruang *speech*. Perhitungan dilakukan dibagi menjadi tiga kategori sebagai berikut.

1. Kategori 1 (ruang kelas A)

Tabel 4.16 Prosentase *relative error* hasil RT pada kategori 1

Frekuensi	RT (rumus sabine)	RT (simulasi <i>ecotect</i>)	Selisih RT	Prosentase
500 Hz	2,45 s	2,42 s	0,03	1,2%
1000 Hz	1,73 s	1,53 s	0,2	11%
2000 Hz	1,76 s	0,91 s	0,85	48%

Prosentase selisih dari perhitungan waktu dengung (RT) yang dihasilkan dari perhitungan RT rumus sabine dan perhitungan RT simulasi *Ecotect* tertera pada Tabel 4.16. Prosentase yang didapatkan pada frekuensi 500 Hz dan 1000 Hz terbilang kecil sehingga hasil dari simulasi *Ecotect* dapat digunakan. Hasil prosentasi pada frekuensi 2000 Hz terbilang besar yaitu

48% sehingga hasil dari simulasi *Ecotect* pada frekuensi ini tidak belum sesuai dan tidak dapat digunakan.

2. Kategori 2 (ruang kelas B dan D)

Tabel 4.17 Prosentase *relative error* hasil RT pada kategori 2

Frekuensi	RT (rumus sabine)	RT (simulasi <i>ecotect</i>)	Selisih RT	Prosentase
500 Hz	2,14 s	2,27 s	0,13	5,7%
1000 Hz	1,42 s	1,41 s	0,01	0,7%
2000 Hz	1,44 s	0,85 s	0,59	40%

Prosentase selisih dari perhitungan waktu dengung (RT) yang dihasilkan dari perhitungan RT rumus sabine dan perhitungan RT simulasi *Ecotect* tertera pada Tabel 4.17. Prosentase yang didapatkan pada frekuensi 500 Hz dan 1000 Hz terbilang kecil sehingga hasil dari simulasi *Ecotect* dapat digunakan. Hasil prosentasi pada frekuensi 2000 Hz terbilang besar yaitu 40% sehingga hasil dari simulasi *Ecotect* pada frekuensi ini tidak belum sesuai dan tidak dapat digunakan.

3. Kategori 3 (ruang kelas C, E, dan F)

Tabel 4.18 Prosentase *relative error* hasil RT pada kategori 3

Frekuensi	RT (rumus sabine)	RT (simulasi <i>ecotect</i>)	Selisih RT	Prosentase
500 Hz	1,96 s	2,16 s	0,14	6,4%
1000 Hz	1,37 s	1,41 s	0,04	2,8%
2000 Hz	1,41 s	0,86 s	0,55	39%

Prosentase selisih dari perhitungan waktu dengung (RT) yang dihasilkan dari perhitungan RT rumus sabine dan perhitungan RT simulasi *Ecotect* tertera pada Tabel 4.17. Prosentase yang didapatkan pada frekuensi 500 Hz dan 1000 Hz terbilang kecil sehingga hasil dari simulasi *Ecotect* dapat digunakan. Hasil prosentasi pada frekuensi 2000 Hz terbilang besar yaitu

39% sehingga hasil dari simulasi *Ecotect* pada frekuensi ini tidak belum sesuai dan tidak dapat digunakan.

Hasil prosentase dari ketiga kategori menunjukkan prosentase yang kecil atau minim pada frekuensi 500 Hz dan 1000 Hz, sedangkan pada frekuensi 200 Hz didapatkan prosentase yang besar. Hasil ini menunjukkan selisih hasil perhitungan waktu dengung (RT) melalui simulasi *Ecotect* minim dan dapat digunakan pada frekuensi 500 Hz dan 1000 Hz.

4.4. Alternatif Rekomendasi Desain

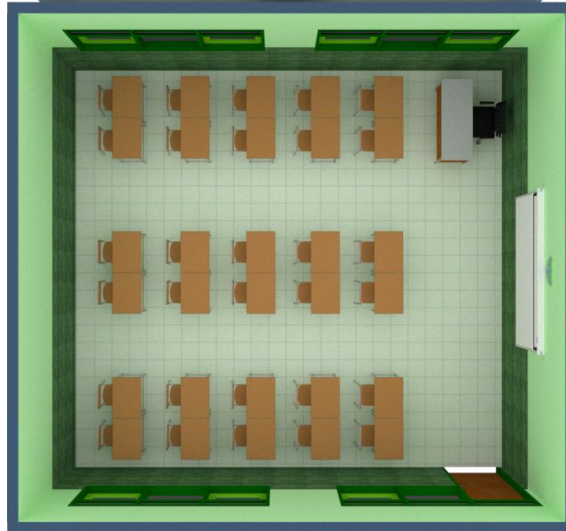
Waktu dengung (RT) pada ketiga kategori ruang kelas SDN Kauman 1 Malang memiliki nilai diatas 0,7 detik yang merupakan batas SNI waktu dengung untuk ruang kelas yaitu 0,6 – 0,7. Hasil ini menunjukkan bahwa waktu dengung (RT) pada ruang kelas SDN Kauman 1 Malang belum memenuhi standar, sehingga belum memenuhi kenyamanan audial untuk ruang kelas. Kenyamanan audial didapatkan dengan memenuhi SNI tersebut, untuk itu perlu dilakukan rekomendasi desain pada ruang kelas untuk memenuhi SNI supaya dapat mencapai kenyamanan audial ruang kelas.

Rekomendasi desain ruang kelas yang diberikan yaitu dengan mengganti material bahan pelingkup ruang yang sesuai. Material yang digunakan dipilih berdasarkan pada literatur yang kemudian disimulasikan untuk mengetahui besar nilai waktu dengung (RT) yang dihasilkan. Rekomendasi terpilih berupa desain akustik ruang kelas yang memenuhi nilai waktu dengung (RT) SNI untuk ruang kelas, yaitu 0,6 – 0,7 detik.

4.4.1. Pemilihan Alternatif Material Pelingkup Ruang untuk Rekomendasi Desain

Pemilihan material pelingkup ruang didasarkan pada literatur yang sudah dipaparkan pada kajian pustaka. Pada bab sebelumnya telah dijelaskan tentang komposisi material untuk ruang kelas, yaitu:

1. Lantai



Gambar 4.25 Gambar tampak atas eksisting ruang kelas C, E, dan F (kategori 3)

Lantai diberi material yang dapat meredam suara terutama kebisingan yang dihasilkan oleh langkah kaki. Kondisi eksisting ruang kelas menggunakan material keramik yang merupakan material pemantul suara sehingga tidak dapat meredam suara dengan maksimal. Material keramik akan memantulkan suara terutama suara yang dihasilkan oleh langkah kaki sehingga akan menimbulkan kebisingan jika berlebihan.



Gambar 4.26 Gambar visualisasi bunyi langkah kaki dipantulkan oleh lantai

Material yang direkomendasikan dapat meredam suara lebih baik dari material eksisting (keramik) yaitu karpet, *vinyl*, dan parket kayu. Material terpilih diambil dari kekurangan dan kelebihan masing-masing material sebagai berikut:

a. Karpet



Gambar 4.27 Penggunaan karpet sebagai material penutup lantai

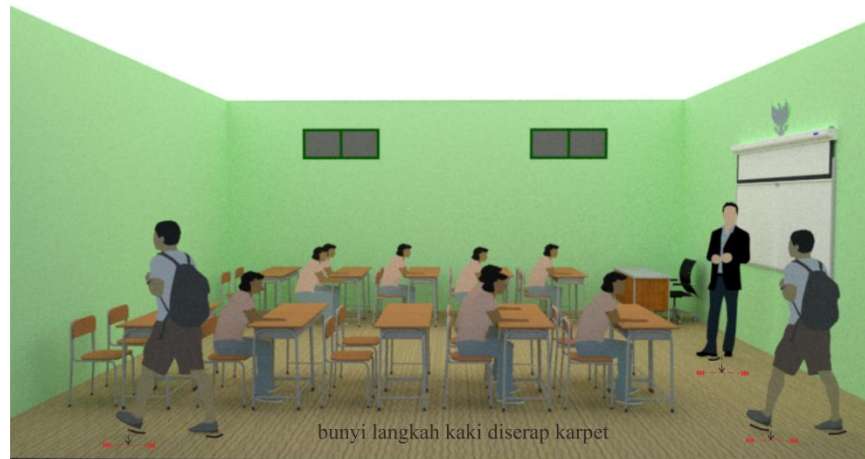
Karpet merupakan material redam suara yang tinggi dengan nilai koefisien serap yang beragam, tergantung pada tebal karpet dan perlakuan pemasangannya. Material karpet dapat berasal dari *wool*, nilon, dan *polyester*. Kelebihan dari material karpet antara lain:

- 1) Peredam kebisingan yang baik.
- 2) Memiliki nilai estetika yang baik karena memiliki motif, warna, dan tekstur yang bervariasi.
- 3) Harga bervariasi, tergantung jenis material dan tebal karpet yang digunakan.

Kelemahan dari material karpet antara lain:

- 1) Rentan air dan akan mudah terserang jamur akibat kelembapan.
- 2) Rentan terhadap debu.
- 3) Diperlukan perawatan ekstra.
- 4) Umur pakai pendek.

Berdasarkan pada kelebihan dan kelemahan dari material karpet diatas, material karpet kurang cocok digunakan pada ruang kelas. Siswa yang menggunakan sepatu dan melakukan banyak aktivitas keluar masuk kelas akan membawa debu maupun air ke karpet. Hal tersebut akan menyebabkan timbulnya jamur dan bau yang akan dihasilkan sehingga akan mengganggu kegiatan belajar mengajar di ruang kelas.



Gambar 4.28 Gambar visualisasi bunyi langkah kaki diredam oleh karpet

b. *Vinyl*



Gambar 4.29 Penggunaan vinyl sebagai material penutup lantai

Vinyl memiliki karakteristik lentur namun kuat dan merupakan jenis material penutup lantai yang lunak. Material *vinyl* memiliki tiga lapisan yaitu *compact layer*, *glass fiber*, dan *printed layer*. Finishing dari material ini mengkilap sehingga terkesan licin. Kelebihan dari material *vinyl* antara lain:

- 1) Pemasangannya mudah.
- 2) Harganya relatif murah.
- 3) Sifatnya yang lunak dapat meredam suara dan benturan.
- 4) Materialnya yang sintetis sehingga stabil terhadap suhu, air, udara, dan bebas rayap.
- 5) Mudah dibersihkan, sedangkan perawatan berjangka cukup diberikan plitur.

- 6) Meskipun materialnya sintetis, namun tetap memberikan kesan kayu dari motifnya.

Selain kelebihan material diatas, berikut kelemahan dari material *vinyl*:

- 1) Rentan terhadap goresan.
- 2) Jika rusak atau sobek harus diganti keseluruhan.

Pada material *vinyl* memiliki kelebihan yang cukup banyak dan dapat menutupi kekurangan dari material karpet. Walaupun kekuatan redam bunyinya tidak sebesar karpet, namun material *vinyl* masih dapat menjadi peredam karena materialnya yang lunak.

c. Parket kayu



Gambar 4.30
Penggunaan parket sebagai material penutup lantai

Parket juga merupakan penutup lantai lunak yang terbuat dari kayu. Terdapat 3 jenis parket, yaitu *solid*, *layer*, dan *laminat*. Parket jenis *solid* terbuat dari kayu utuh yang dipotong menjadi lembaran. Parket jenis *layer* merupakan potongan kayu yang disusun berlapis. Parket *laminat* terbuat dari *pulp* atau bubuar kayu atau serbuk yang dipadatkan, biasa disebut *High/Medium Density Fiber* (HDF/MDF). Kelebihan dari material parket sebagai berikut:

- 1) Perawatan dan pembersihannya cukup mudah
- 2) Memiliki motif, warna, dan tekstur yang alami.

- 3) Perbaikan dapat dilakukan dengan cara *refinish* menggunakan plitur atau *varnish*.

Kekurangan dari material parket yaitu:

- 1) Menyerap air.
- 2) Rentan terhadap rayap.
- 3) Perawatan berkala diperlukan untuk menjaga kualitas.
- 4) Harga cukup mahal.

Penggunaan material parket menurut kelebihan dan kekurangannya kurang sesuai karena harganya yang relatif lebih mahal dan perawatan yang sulit serta mudah menyerap air.

Tabel 4.19 Tabel perbandingan kelebihan dan kekurangan material lantai

	Karpet	<i>Vinyl</i>	Parket
Harga	++	++	+
Operasional	++	+++	++
Perawatan	+	+++	++
Aktivitas dalam ruang kelas	+	+++	++
Kemampuan redam suara	+++	++	++

Material terpilih yaitu *vinyl* dan parket karena keduanya memiliki keunggulan di banyak aspek jika dibandingkan dengan karpet. Penggunaan karpet pada ruang kelas juga kurang disarankan karena akan mudah kotor dan sulit perawatannya. Siswa yang setiap berada di sekolah menggunakan sepatu diluar maupun didalam kelas akan mudah merusak dan mengotori karpet. Penggunaan karpet sendiri juga akan menimbulkan bau dan jamur jika tidak dibersihkan rutin setiap hari yang akan sulit dilakukan pada ruang kelas atau sekolah.

2. Dinding depan

Dinding depan merupakan dinding pada bagian papan tulis atau tempat sumber suara dari guru. Pada dinding ini dibutuhkan material

pemantul suara untuk memantulkan suara ke arah penerima suara yaitu murid. Dinding eksisting pada ruang kelas yaitu dinding bata, diplester, dan dicat merupakan material pemantul suara, sehingga tidak dilakukan perubahan material pada dinding bagian depan. Hal ini dilakukan karena material yang ada sudah sesuai serta untuk meminimalisir perubahan material.



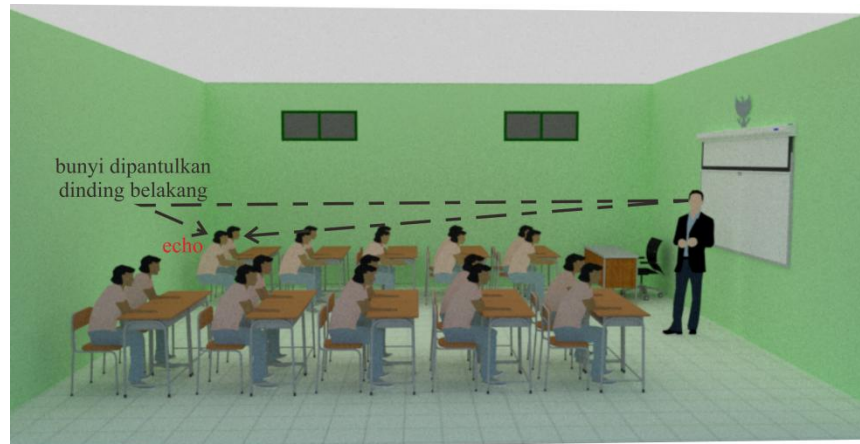
Gambar 4.31
Gambar eksisting dinding bagian depan pada ruang kelas C, E, dan F (kategori 3)

3. Dinding belakang



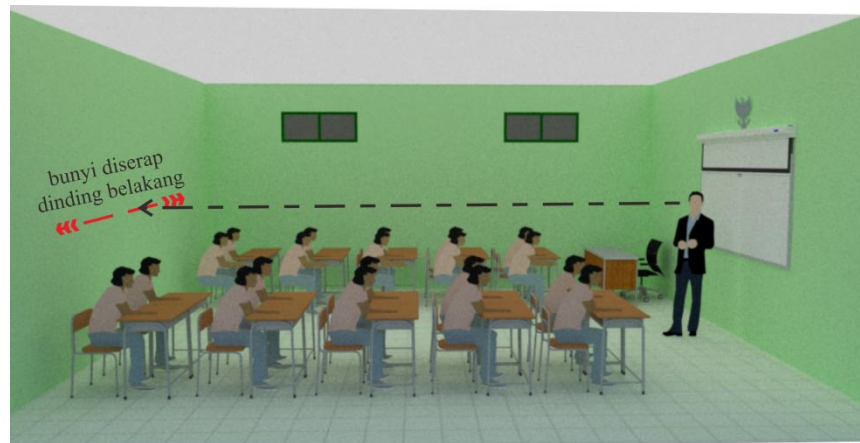
Gambar 4.32
Gambar eksisting dinding bagian belakang pada ruang kelas C, E, dan F (kategori 3)

Dinding belakang yaitu dinding dibelakang penerima suara (murid) dan berhadapan dengan sumber suara (guru). Pada dinding belakang dibutuhkan material penyerap bunyi untuk menghindari timbulnya *echo*. Material penyerap dibutuhkan untuk menyerap bunyi dari sumber suara yang telah menempuh jarak yang panjang dan pantulannya dapat mengganggu pendengar (murid).



Gambar 4.33 Gambar visualisasi terjadinya echo akibat pantulan dari dinding belakang

Pada bagian ini dinding membutuhkan material penyerap bunyi, yang sesuai digunakan untuk frekuensi tengah ke tinggi sesuai dengan kebutuhan frekuensi pada ruang *speech*. Material yang dapat digunakan yaitu bahan berpori dan resonator rongga. Bahan berpori yang umumnya memiliki tekstur yang lembut akan peka terhadap kerusakan dan bahan ini akan berubah penyerapannya jika dicat untuk tujuan dekorasi. Resonator rongga hanya bekerja baik pada frekuensi tengah yaitu 500 Hz dan mengalami penurunan yang drastis di atas frekuensi 1000 Hz. Kedua material tersebut memiliki kelemahan dalam penggunaannya di dalam ruang kelas, sehingga dibutuhkan alternative lain yang dapat menutupi kelemahan tersebut.



Gambar 4.34 Gambar visualisasi bunyi diserap oleh dinding belakang

Kedua material tersebut dapat digabungkan menjadi material *perforated panel absorber* atau panel absorber berlubang. Material tersebut merupakan panel kayu berlubang berongga dengan material bahan berpori didalamnya. Panel absorber berlubang dapat digunakan

karena penutup luarnya berupa kayu lapis sehingga tidak peka terhadap kerusakan seperti bahan berpori. Panel absorber juga bekerja baik pada frekuensi tengah ke tinggi, sehingga memenuhi kebutuhan serap ruang kelas (*speech*). Panel absorber berlubang yang dapat digunakan sebagai alternatif material dinding bagian belakang yaitu:

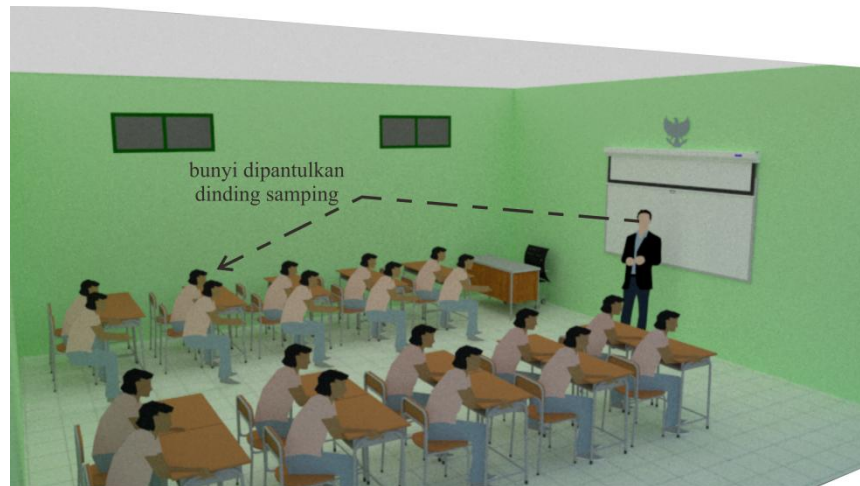
- 1) *Plywood* tebal 12mm berlubang dengan diameter lubang 5mm, 11% area terbuka didukung dengan *fiberglass* tebal 60mm antara ruas pemasangan;
- 2) *Veneered board* berlubang, 50 mm, lubang 1 mm, jarak 3mm, lubang 9% rasio permukaan, rongga 150 mm diisi 30 mm *mineral wool*.

4. Dinding samping



Gambar 4.35
Gambar eksisting dinding bagian samping pada ruang kelas C, E, dan F (kategori 3)

Dinding bagian samping pada bagian kiri dan kanan ruang kelas. Pada kondisi eksisting, material yang digunakan yaitu bata yang diplester dan dicat yang merupakan material keras yang dapat memantulkan bunyi. Pada dinding bagian ini diperlukan material yang bervariasi, sehingga dapat menggunakan material pemantul yang memiliki karakteristik datar dan keras seperti papan gypsum, kayu, papan kayu, plester, logam berat, kaca, batu dan beton. Selain itu material tersebut juga sekaligus dapat menjadi penyerap atau memiliki nilai koefisien serap material yang cukup. Material yang dapat digunakan beserta kelebihan dan kekurangannya sebagai berikut:



Gambar 4.36 Gambar visualisasi bunyi dipantulkan oleh dinding samping

a. *Plywood*



Gambar 4.37
Material plywood
atau multipleks

Plywood atau multipleks adalah papan yang tersusun dari lapisan kayu (*veneer* kayu) yang direkatkan dan dimampatkan tekanan tinggi. Sifat dari *plywood* yaitu tahan cuaca dan mudah ditebuk. Jenis *plywood* yang biasa ditemukan yaitu dari kayu sengon, kayu pinus, dan kayu sungkai. Standar ukuran dari *plywood* yaitu 120x240 cm dengan ketebalan yang bervariasi yaitu 6mm, 9mm, 12mm, 15mm, 18mm, dan 24mm. Berikut kelebihan dari material *plywood*/multipleks:

- 1) Tahan terhadap cuaca.
- 2) Mudah ditebuk.
- 3) Lebih tahan terhadap air dan kokoh.

Kekurang dari material ini, yaitu:

- 1) Permukaan tidak halus dan mulus, masih ditemukan permukaan yang bergelombang.

- 2) Presisi ketebalan kurang bagus.
- 3) Sulit untuk langsung difinish misal dengan cat dinding.

b. *Chipboard*



Gambar 4.38
Chipboard atau
papan partikel

Chipboard atau *particle board* merupakan papan yang tersusun dari serbuk gergaji yang dipadatkan dengan tekanan suhu tinggi. Berikut kelebihan dari material *chipboard*:

- 1) Berat material lebih ringan
- 2) Harga lebih murah dari *plywood* dan *fibreboard*

Kelemahan dari material *chipboard* yaitu:

- 1) Tidak tahan air dan ruang yang lembab.
- 2) Permukaan kurang halus.
- 3) Sulit dilakukan finishing misal dicat.
- 4) Mudah keropos dan hancur.

c. *Fibreboard*



Gambar 4.39
Material fibreboard
atau MDF

Fibreboard lebih dikenal dengan MDF (*medium-density fibreboard*). Material ini merupakan papan yang tersusun dari kombinasi serat dan serbuk kayu yang dipadatkan dalam tekanan dan temperature suhu yang tinggi dengan bantuan resin dalam prosesnya. MDF memiliki ukuran standard 120x240 cm dengan ketebalan bervariasi yaitu 3mm, 4mm, 6mm, 9mm, 12mm, 18mm, dan 20mm. Kelebihan dari MDF yaitu:

- 1) Permukaan lebih halus dan rata.
- 2) Fleksibel, mudah ditekuk.
- 3) Harga lebih murah dari *plywood*.
- 4) Presisi ketebalan material bagus.
- 5) Mudah difinish misal dicat.

Adapun kelemahan dari material ini yaitu:

- 1) Ketahanan terhadap air kurang bagus.

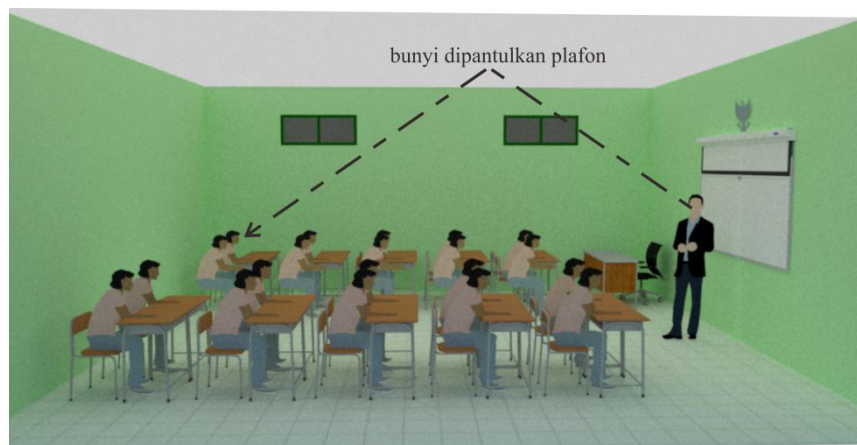
Tabel 4.20 Tabel perbandingan kelebihan dan kekurangan material dinding

	<i>Plywood</i>	<i>Chipboard</i>	<i>Fibreboard</i>
Harga	+	+++	++
Operasional	++	++	++
Perawatan	+++	+	++
Aktivitas dalam ruang kelas	++	++	++
Kemampuan redam suara	++	++	++

Material yang terpilih untuk rekomendasi desain yaitu *plywood* dan *fibreboard* karena lebih banyak unggul dalam berbagai aspek jika dibandingkan dengan material *chipboard*. Keunggulan dari *chipboard* sendiri adalah harganya paling murah diantara ketiga material. Namun perawatan *chipboard* lebih sulit karena material ini paling lunak diantara ketiga material, sehingga mudah keropos, hancur, dan tidak tahan terhadap air.

5. Plafon

Plafon baik berperan sebagai material pemantul suara karena memiliki area pantulan paling luas, jika plafon terlalu tinggi dapat menggunakan plafon gantung (*suspended ceiling*). Hal ini dilakukan agar bunyi dari sumber tidak datang terlalu lama menuju pendengar. Plafon digunakan sebagai material pemantul, sehingga material eksisting berupa gypsum dapat tetap digunakan. Pada ruang kelas kategori 1 atau ruang kelas A memiliki tinggi ruang yang lebih tinggi yaitu empat meter. Pada ruang kelas A dapat digunakan plafon yang digantung (*suspended ceiling*) karena plafon yang terlalu tinggi menyebabkan jarak pantulan bunyi terlalu panjang dari sumber bunyi menuju pendengar. Material yang digunakan untuk plafon gantung yaitu *plasterboard*.



Gambar 4.40 Gambar visualisasi bunyi dipantulkan oleh plafon

Rekomendasi alternatif material tersebut kemudian diterapkan pada ruang-ruang kelas yang diteliti kemudian dilakukan perhitungan simulasi *Ecotect* dengan memasukkan nilai koefisien serap setiap material sebagai berikut:

Tabel 4.21 Tabel koefisien serap material alternatif rekomendasi

No.	Material	Frekuensi (Hz)		
		500	1000	2000
Elemen Lantai				
1.	<i>Thin carpet, cemented on carpet</i>	0,08	0,20	0,35
2.	Parket kayu	0,07	0,06	0,06

3.	<i>Vinyl</i>	0,03	0,04	0,04
Elemen Dinding				
4.	Bata, diplester, dan dicat	0,02	0,02	0,02
5.	<i>Plywood</i> tebal 12mm berlubang dengan diameter lubang 5mm, 11% area terbuka, didukung dengan <i>fiberglass</i> tebal 60mm antara ruas pemasangan	0,80	0,50	0,40
6.	<i>Veneered board</i> berlubang, 50 mm, lubang 1 mm, jarak 3mm, lubang 9% area terbuka, rongga 150 mm diisi 30 mm <i>mineral wool</i>	0,58	0,59	0,68
7.	<i>Plywood</i> 5 mm pada rangka dan 50 mm celah udara	0,20	0,15	0,05
8.	<i>Chipboard</i> tebal 20mm dengan rangka 16mm	0,20	0,20	0,15
9.	<i>Fibreboard</i> dengan 25mm celah udara	0,30	0,30	0,30
Elemen Plafon				
10.	Gypsum	0,05	0,08	0,07
11.	<i>Plasterboard</i> digantung	0,1	0,05	0,05

4.4.2. Simulasi Digital Alternatif Rekomendasi Desain

Simulasi digital dilakukan menggunakan *software Ecotect* untuk mengetahui besar waktu dengung (RT) setiap alternatif rekomendasi desain. Alternatif rekomendasi desain didapatkan dari hasil pemilihan material pelingkup ruang kelas. Material pelingkup ruang terpilih dipadukan satu sama lain antara material lantai, dinding, dan plafon yang kemudian dilakukan simulasi untuk mendapatkan nilai waktu dengungnya. Material pelingkup terpilih yang digunakan sebagai alternative rekomendasi desain sebagai berikut:

Tabel 4.22 Tabel koefisien serap material terpilih untuk alternatif rekomendasi desain

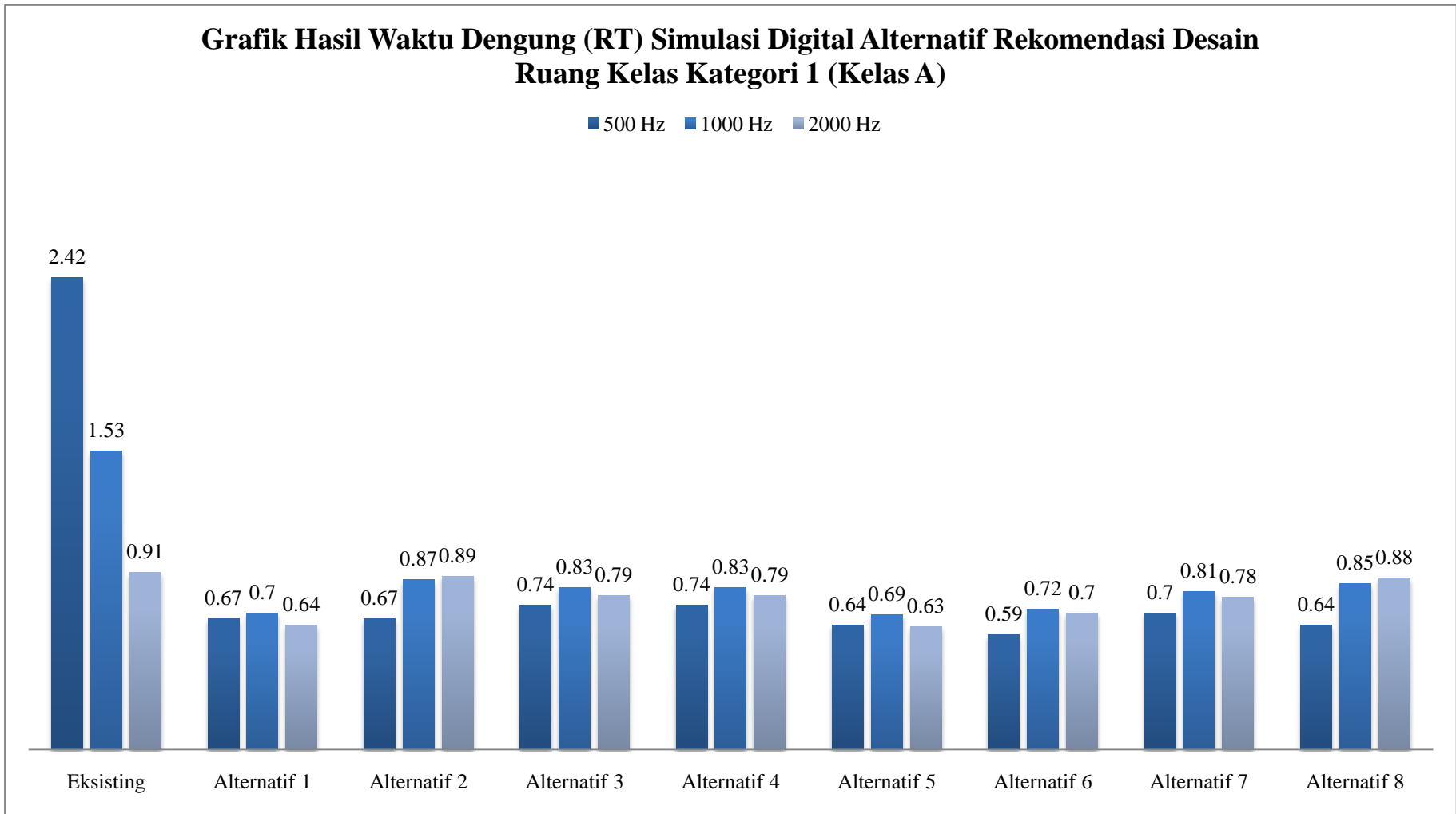
No.	Material	Frekuensi (Hz)		
		500	1000	2000
Elemen Lantai				
1.	Parket kayu	0,07	0,06	0,06
2.	<i>Vinyl</i>	0,03	0,04	0,04
Elemen Dinding Depan				
3.	Bata, diplester, dan dicat	0,02	0,02	0,02
Elemen Dinding Belakang				

	<i>Plywood</i> tebal 12mm berlubang dengan diameter			
4.	lubang 5mm, 11% area terbuka, didukung dengan <i>fiberglass</i> tebal 60mm antara ruas pemasangan	0,80	0,50	0,40
	<i>Veneered board</i> berlubang, 50 mm, lubang 1 mm,			
5.	jarak 3mm, lubang 9% area terbuka, rongga 150 mm diisi 30 mm <i>mineral wool</i>	0.58	0.59	0.68
Elemen Dinding Samping				
	<i>Plywood</i> 5 mm pada rangka dan 50 mm celah udara			
6.		0,20	0,15	0,05
	<i>Fibreboard</i> dengan 25mm celah udara			
7.		0,30	0,30	0,30
Elemen Plafon				
	Gypsum			
8.		0,05	0,08	0,07
	<i>Plasterboard</i> digantung			
9.		0,1	0,05	0,05

Material pelingkup dipilih dua material dari masing-masing elemen pelingkupnya. Dua material dari masing-masing elemen dipilih berdasarkan perbandingan keunggulan dari material. Material elemen pelingkup terpilih diaplikasikan pada masing-masing sampel kelas dan dianalisis hasil simulasi atau waktu dengungnya, sebagai berikut:

Tabel 4.23 Tabel hasil waktu dengung (RT) simulasi digital alternatif rekomendasi desain ruang kelas kategori 1 (kelas A)

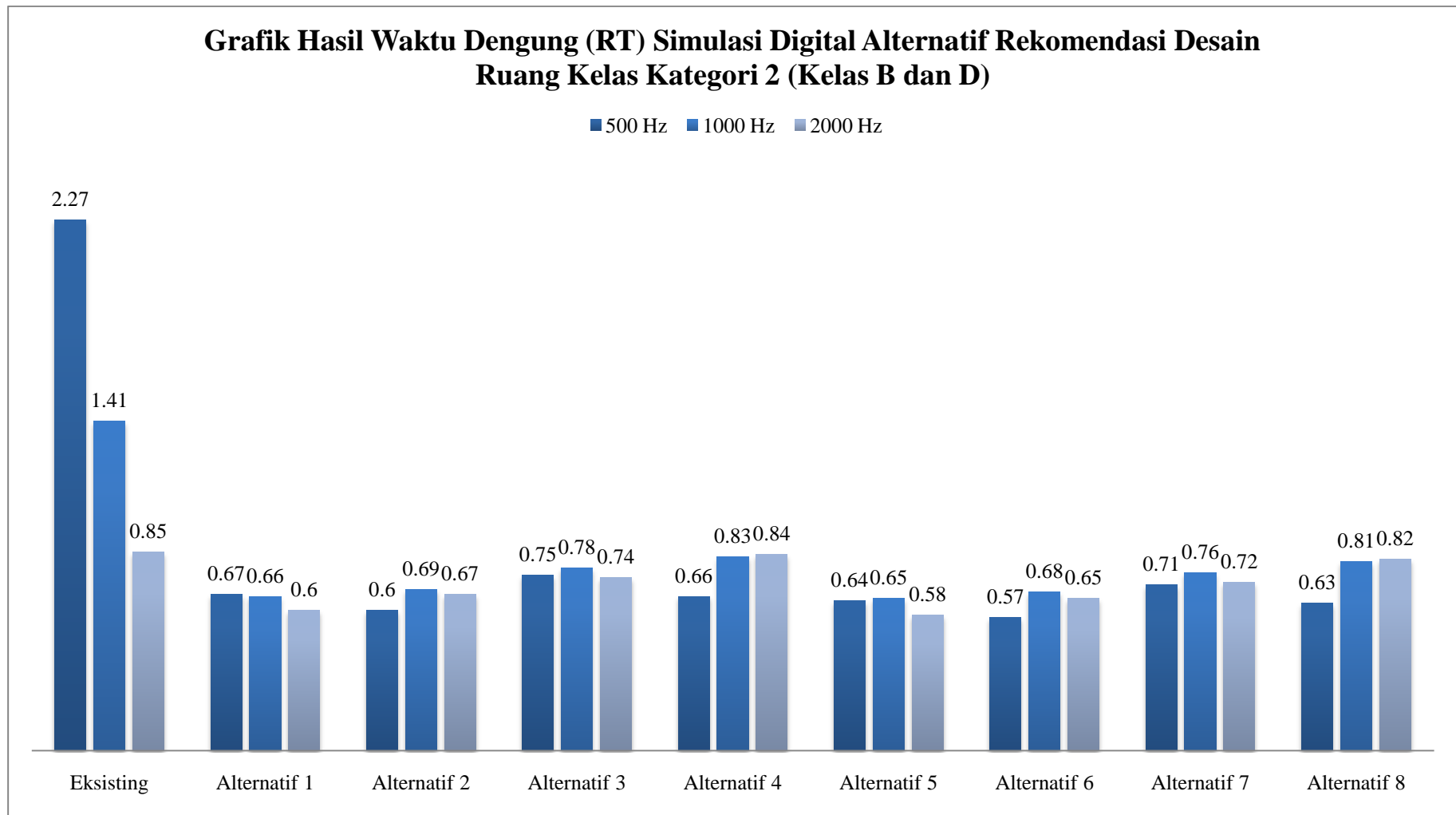
	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5	Alternatif 6	Alternatif 7	Alternatif 8	
Plafon	<i>Plasterboard</i> digantung	<i>Plasterboard</i> digantung	<i>Plasterboard</i> digantung	<i>Plasterboard</i> digantung	<i>Plasterboard</i> digantung	<i>Plasterboard</i> digantung	<i>Plasterboard</i> digantung	<i>Plasterboard</i> digantung	
Dinding depan	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	
Dinding samping	<i>Fibreboard</i> , 25mm celah udara	<i>Fibreboard</i> , 25mm celah udara	<i>Plywood</i> 5 mm pada rangka dan 50 mm celah udara	<i>Plywood</i> 5 mm pada rangka dan 50 mm celah udara	<i>Fibreboard</i> , 25mm celah udara	<i>Fibreboard</i> , 25mm celah udara	<i>Plywood</i> 5 mm pada rangka dan 50 mm celah udara	<i>Plywood</i> 5 mm pada rangka dan 50 mm celah udara	
Dinding belakang	<i>Veneered board</i> berlubang, 50 mm, lubang 1 mm, jarak 3mm, lubang 9% area terbuka, rongga 150 mm diisi 30 mm <i>mineral</i> <i>wool</i>	<i>Plywood</i> tebal 12mm berlubang dengan diameter lubang 5mm, 11% area terbuka, didukung dengan <i>fiberglass</i> tebal 60mm antara ruas pemasangan	<i>Veneered board</i> berlubang, 50 mm, lubang 1 mm, jarak 3mm, lubang 9% area terbuka, rongga 150 mm diisi 30 mm <i>mineral</i> <i>wool</i>	<i>Plywood</i> tebal 12mm berlubang dengan diameter lubang 5mm, 11% area terbuka, didukung dengan <i>fiberglass</i> tebal 60mm antara ruas pemasangan	<i>Veneered board</i> berlubang, 50 mm, lubang 1 mm, jarak 3mm, lubang 9% area terbuka, rongga 150 mm diisi 30 mm <i>mineral</i> <i>wool</i>	<i>Plywood</i> tebal 12mm berlubang dengan diameter lubang 5mm, 11% area terbuka, didukung dengan <i>fiberglass</i> tebal 60mm antara ruas pemasangan	<i>Veneered board</i> berlubang, 50 mm, lubang 1 mm, jarak 3mm, lubang 9% area terbuka, rongga 150 mm diisi 30 mm <i>mineral</i> <i>wool</i>	<i>Plywood</i> tebal 12mm berlubang dengan diameter lubang 5mm, 11% area terbuka, didukung dengan <i>fiberglass</i> tebal 60mm antara ruas pemasangan	
Lantai	Vinyl	Vinyl	Vinyl	Vinyl	Parket kayu	Parket kayu	Parket kayu	Parket kayu	
Waktu dengung	500 Hz	0,67	0,67	0,74	0,74	0,64	0,59	0,7	0,64
	1000 Hz	0,7	0,87	0,83	0,83	0,69	0,72	0,81	0,85
	2000 Hz	0,64	0,89	0,79	0,79	0,63	0,7	0,78	0,88



Gambar 4.41 Grafik hasil waktu dengung (RT) simulasi digital alternatif rekomendasi desain ruang kelas kategori 1 (kelas A)

Tabel 4.24 Tabel hasil waktu dengung (RT) simulasi digital alternatif rekomendasi desain ruang kelas kategori 2 (kelas B & D)

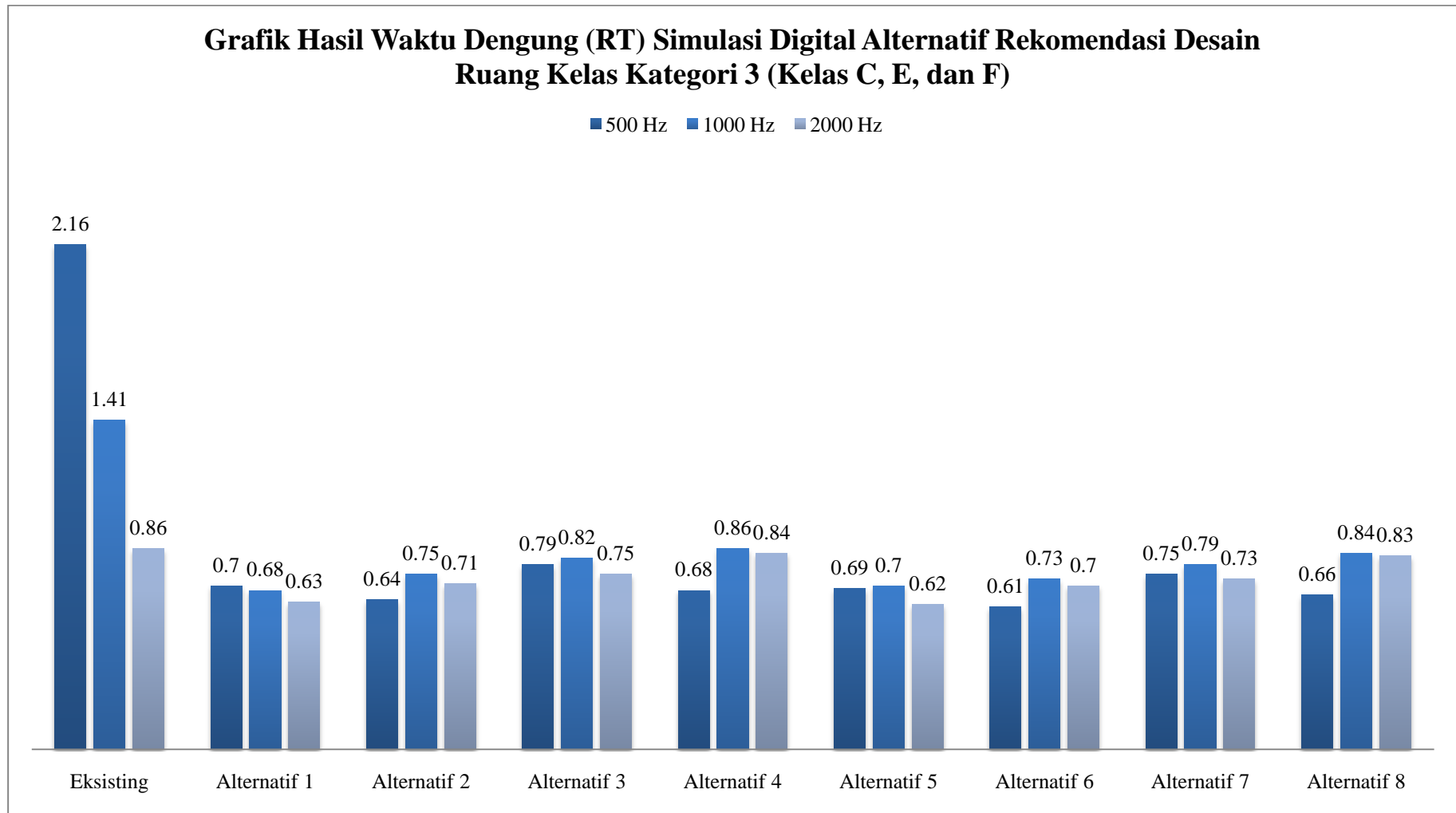
	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5	Alternatif 6	Alternatif 7	Alternatif 8	
Plafon	Gypsum	Gypsum	Gypsum	Gypsum	Gypsum	Gypsum	Gypsum	Gypsum	
Dinding depan	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	
Dinding samping	<i>Fibreboard</i> , 25mm celah udara	<i>Fibreboard</i> , 25mm celah udara	<i>Plywood</i> 5 mm pada rangka dan 50 mm celah udara	<i>Plywood</i> 5 mm pada rangka dan 50 mm celah udara	<i>Fibreboard</i> , 25mm celah udara	<i>Fibreboard</i> , 25mm celah udara	<i>Plywood</i> 5 mm pada rangka dan 50 mm celah udara	<i>Plywood</i> 5 mm pada rangka dan 50 mm celah udara	
Dinding belakang	<i>Veneered board</i> berlubang, 50 mm, lubang 1 mm, jarak 3mm, lubang 9% area terbuka, rongga 150 mm diisi 30 mm <i>mineral wool</i>	<i>Plywood</i> tebal 12mm berlubang dengan diameter lubang 5mm, 11% area terbuka, didukung dengan <i>fiberglass</i> tebal 60mm antara ruas pemasangan	<i>Veneered board</i> berlubang, 50 mm, lubang 1 mm, jarak 3mm, lubang 9% area terbuka, rongga 150 mm diisi 30 mm <i>mineral wool</i>	<i>Plywood</i> tebal 12mm berlubang dengan diameter lubang 5mm, 11% area terbuka, didukung dengan <i>fiberglass</i> tebal 60mm antara ruas pemasangan	<i>Veneered board</i> berlubang, 50 mm, lubang 1 mm, jarak 3mm, lubang 9% area terbuka, rongga 150 mm diisi 30 mm <i>mineral wool</i>	<i>Plywood</i> tebal 12mm berlubang dengan diameter lubang 5mm, 11% area terbuka, didukung dengan <i>fiberglass</i> tebal 60mm antara ruas pemasangan	<i>Veneered board</i> berlubang, 50 mm, lubang 1 mm, jarak 3mm, lubang 9% area terbuka, rongga 150 mm diisi 30 mm <i>mineral wool</i>	<i>Plywood</i> tebal 12mm berlubang dengan diameter lubang 5mm, 11% area terbuka, didukung dengan <i>fiberglass</i> tebal 60mm antara ruas pemasangan	
Lantai	Vinyl	Vinyl	Vinyl	Vinyl	Parket kayu	Parket kayu	Parket kayu	Parket kayu	
Waktu dengung	500 Hz	0,67	0,6	0,75	0,66	0,64	0,57	0,71	0,63
	1000 Hz	0,66	0,69	0,78	0,83	0,65	0,68	0,76	0,81
	2000 Hz	0,6	0,67	0,74	0,84	0,58	0,65	0,72	0,82



Gambar 4.42 Grafik hasil waktu dengung (RT) simulasi digital alternatif rekomendasi desain ruang kelas kategori 2 (kelas B & D)

Tabel 4.25 Tabel hasil waktu dengung (RT) simulasi digital alternatif rekomendasi desain ruang kelas kategori 3 (kelas C, E, & F)

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5	Alternatif 6	Alternatif 7	Alternatif 8	
Plafon	<i>Gypsum</i>	<i>Gypsum</i>	<i>Gypsum</i>	<i>Gypsum</i>	<i>Gypsum</i>	<i>Gypsum</i>	<i>Gypsum</i>	<i>Gypsum</i>	
Dinding depan	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	Bata, diplester, dicat	
Dinding samping	<i>Fibreboard</i> , 25mm celah udara	<i>Fibreboard</i> , 25mm celah udara	<i>Plywood</i> 5 mm pada rangka dan 50 mm celah udara	<i>Plywood</i> 5 mm pada rangka dan 50 mm celah udara	<i>Fibreboard</i> , 25mm celah udara	<i>Fibreboard</i> , 25mm celah udara	<i>Plywood</i> 5 mm pada rangka dan 50 mm celah udara	<i>Plywood</i> 5 mm pada rangka dan 50 mm celah udara	
Dinding belakang	<i>Veneered board</i> berlubang, 50 mm, lubang 1 mm, jarak 3mm, lubang 9% area terbuka, rongga 150 mm diisi 30 mm <i>mineral wool</i>	<i>Plywood</i> tebal 12mm berlubang dengan diameter lubang 5mm, 11% area terbuka, didukung dengan <i>fiberglass</i> tebal 60mm antara ruas pemasangan	<i>Veneered board</i> berlubang, 50 mm, lubang 1 mm, jarak 3mm, lubang 9% area terbuka, rongga 150 mm diisi 30 mm <i>mineral wool</i>	<i>Plywood</i> tebal 12mm berlubang dengan diameter lubang 5mm, 11% area terbuka, didukung dengan <i>fiberglass</i> tebal 60mm antara ruas pemasangan	<i>Veneered board</i> berlubang, 50 mm, lubang 1 mm, jarak 3mm, lubang 9% area terbuka, rongga 150 mm diisi 30 mm <i>mineral wool</i>	<i>Plywood</i> tebal 12mm berlubang dengan diameter lubang 5mm, 11% area terbuka, didukung dengan <i>fiberglass</i> tebal 60mm antara ruas pemasangan	<i>Veneered board</i> berlubang, 50 mm, lubang 1 mm, jarak 3mm, lubang 9% area terbuka, rongga 150 mm diisi 30 mm <i>mineral wool</i>	<i>Plywood</i> tebal 12mm berlubang dengan diameter lubang 5mm, 11% area terbuka, didukung dengan <i>fiberglass</i> tebal 60mm antara ruas pemasangan	
Lantai	Vinyl	Vinyl	Vinyl	Vinyl	Parket kayu	Parket kayu	Parket kayu	Parket kayu	
Waktu dengung	500 Hz	0,7	0,64	0,79	0,68	0,69	0,61	0,75	0,66
	1000 Hz	0,68	0,75	0,82	0,86	0,7	0,73	0,79	0,84
	2000 Hz	0,63	0,71	0,75	0,84	0,62	0,7	0,73	0,83



Gambar 4.43 Grafik hasil waktu dengung (RT) simulasi digital alternatif rekomendasi desain ruang kelas kategori 3 (kelas C, E, & F)

4.4.3. Analisis Hasil Simulasi Digital Alternatif Rekomendasi Desain

Rekomendasi desain didapat melalui pemilihan material dan komposisinya yang kemudian didapatkan delapan alternatif rekomendasi desain untuk setiap kategori ruang kelas. Desain terpilih jika hasil waktu dengung (RT) dari perhitungan melalui simulasi digital memenuhi SNI waktu dengung untuk ruang kelas yaitu 0,6 – 0,7 detik pada frekuensi untuk ruang fungsi *speech* yaitu 500 Hz, 1000 Hz, dan 2000 Hz. Hasil simulasi dari keempat alternatif rekomendasi desain yang memenuhi SNI yaitu;

1. Kategori 1 (ruang kelas A)

Pada simulasi digital alternatif rekomendasi desain ruang kelas kategori 1 yang memenuhi nilai waktu dengung (RT) SNI adalah alternatif 1 dan alternatif 5. Nilai waktu dengung (RT) alternatif 1 yaitu 0,67 detik pada frekuensi 500 Hz; 0,7 detik pada frekuensi 1000 Hz; dan 0,64 detik pada frekuensi 2000 Hz. Nilai waktu dengung (RT) alternatif 5 yaitu 0,64 detik pada frekuensi 500 Hz; 0,69 detik pada frekuensi 1000 Hz; dan 0,63 detik pada frekuensi 2000 Hz.

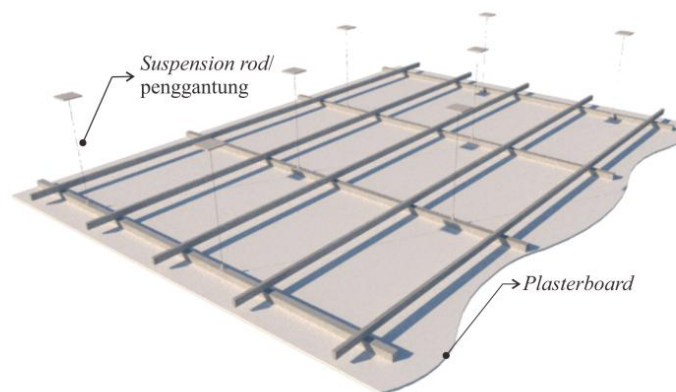
Kedua rekomendasi desain terdiri dari material pelingkup plafon dan dinding yang sama. Perbedaan ada pada material lantai, pada alternatif 1 menggunakan *vinyl* dan pada alternatif 5 menggunakan parket kayu. Alternatif rekomendasi desain yang dipilih yaitu alternatif 1 yang menggunakan material pelingkup lantai berupa *vinyl*. Hal ini dilakukan karena *vinyl* memiliki keunggulan dari parket kayu seperti harganya yang lebih murah, cara pemasangan dan perawatan yang lebih mudah, dan tetap memberikan motif yang mirip dengan parket kayu.



Gambar 4.44
Gambar tampak atas rekomendasi desain terpilih ruang kelas A (katergori 1)



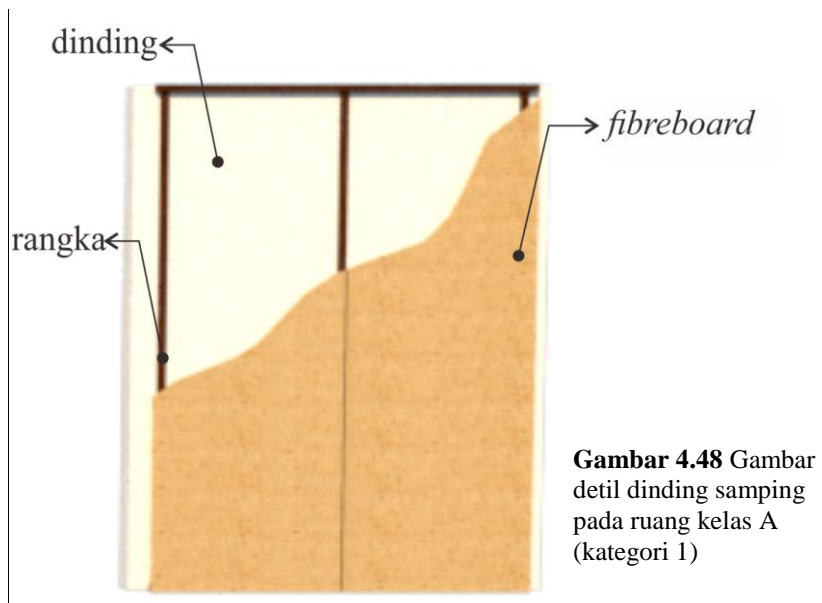
Gambar 4.45 Gambar perspektif arah dinding bagian depan rekomendasi desain terpilih ruang kelas A (katergori 1)



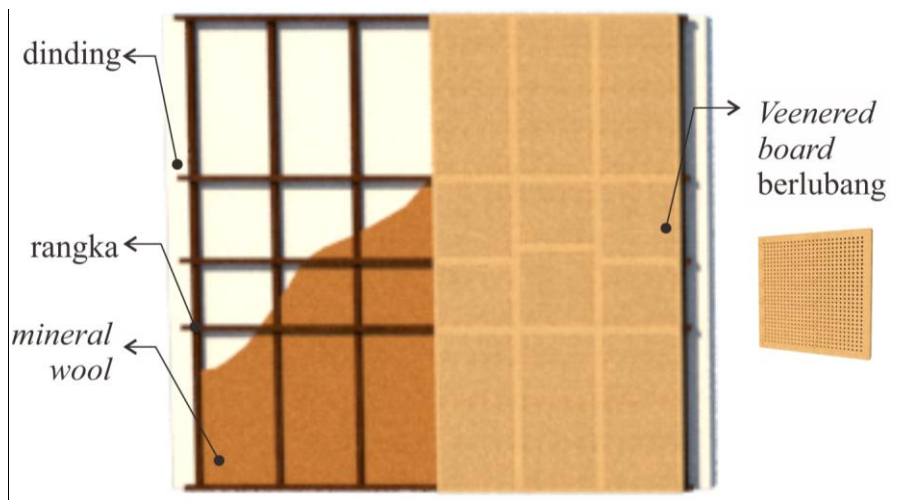
Gambar 4.46 Gambar detail plafon gantung pada ruang kelas A (kategori 1)



Gambar 4.47 Gambar perspektif arah dinding bagian belakang rekomendasi desain terpilih ruang kelas A (katergori 1)



Gambar 4.48 Gambar detail dinding samping pada ruang kelas A (kategori 1)

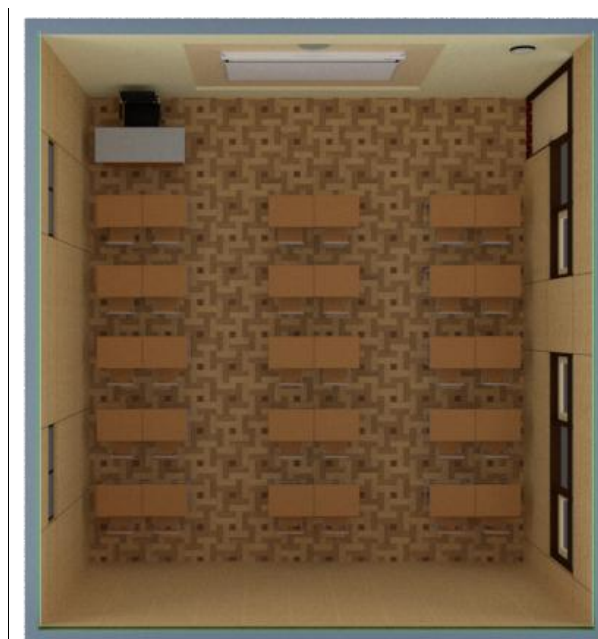


Gambar 4.49 Gambar detail dinding belakang pada ruang kelas A (kategori 1)

2. Kategori 2 (ruang kelas B dan D)

Pada simulasi digital alternatif rekomendasi desain ruang kelas kategori 2 yang memenuhi nilai waktu dengung (RT) SNI adalah alternatif 1 dan alternatif 2. Nilai waktu dengung (RT) alternatif 1 yaitu 0,67 detik pada frekuensi 500 Hz; 0,66 detik pada frekuensi 1000 Hz; dan 0,6 detik pada frekuensi 2000 Hz. Nilai waktu dengung (RT) alternatif 2 yaitu 0,6 detik pada frekuensi 500 Hz; 0,69 detik pada frekuensi 1000 Hz; dan 0,67 detik pada frekuensi 2000 Hz.

Kedua rekomendasi desain terdiri dari material pelingkup lantai, plafon, dinding depan dan dinding samping yang sama. Perbedaan ada pada material dinding belakang, pada alternatif 1 menggunakan *veneered board* berlubang diisi oleh *mineral wool*, sedangkan pada alternatif 2 menggunakan *plywood* berlubang diisi oleh *fiberglass*. Alternatif desain yang dipilih yaitu alternatif 1 ditentukan melalui material pengisi papan yaitu *mineral wool* dan *fiberglass*. Alternatif 1 dengan isian papan berupa *mineral wool* lebih dipilih karena memiliki keunggulan lebih dari *fiberglass* yaitu sifatnya yang *hydrophobic* yang tahan air dan lembap. *Fiberglass* akan basah saat terkena air, merubah tekstur dan mengurangi kemampuannya.



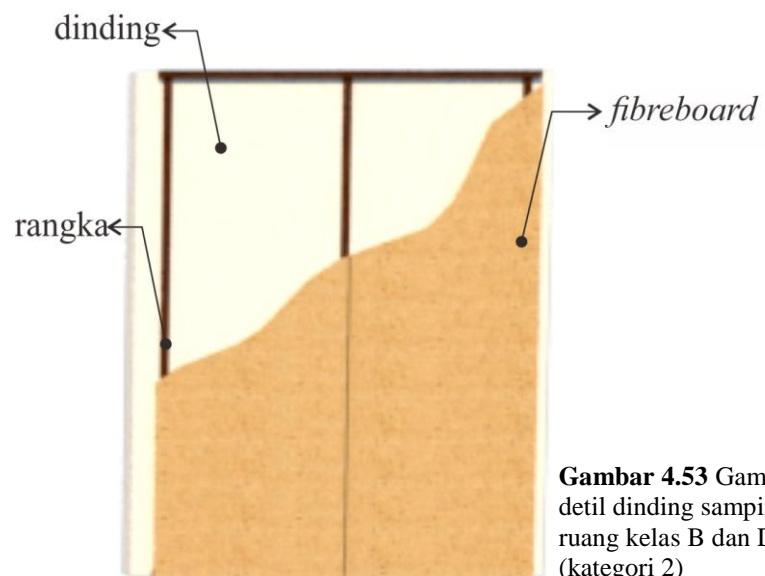
Gambar 4.50
Gambar tampak atas rekomendasi desain terpilih ruang kelas B dan D (katergori 2)



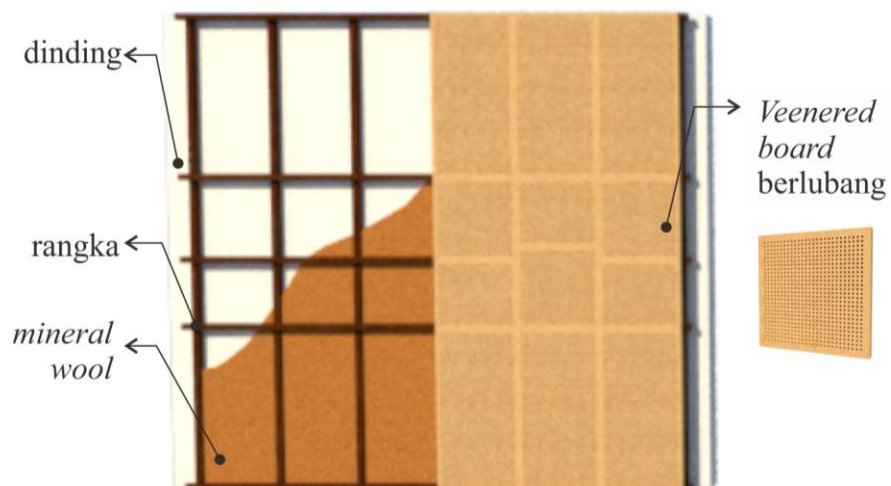
Gambar 4.51 Gambar perspektif arah dinding bagian depan rekomendasi desain terpilih ruang kelas B dan D (katergori 2)



Gambar 4.52 Gambar perspektif arah dinding bagian belakang rekomendasi desain terpilih ruang kelas B dan D (katergori 2)



Gambar 4.53 Gambar detail dinding samping pada ruang kelas B dan D (katergori 2)



Gambar 4.54 Gambar detail dinding belakang pada ruang kelas B dan D (kategori 2)

3. Kategori 3 (ruang kelas C, E, dan F)

Pada simulasi digital alternatif rekomendasi desain ruang kelas kategori 3 yang memenuhi nilai waktu dengung (RT) SNI adalah alternatif 1 dan alternatif 5. Nilai waktu dengung (RT) alternatif 1 yaitu 0,7 detik pada frekuensi 500 Hz; 0,68 detik pada frekuensi 1000 Hz; dan 0,63 detik pada frekuensi 2000 Hz. Nilai waktu dengung (RT) alternatif 5 yaitu 0,69 detik pada frekuensi 500 Hz; 0,7 detik pada frekuensi 1000 Hz; dan 0,62 detik pada frekuensi 2000 Hz.

Kedua rekomendasi desain terdiri dari material pelengkap plafon dan dinding yang sama. Perbedaan ada pada material lantai, pada alternatif 1 menggunakan *vinyl* dan pada alternatif 5 menggunakan parket kayu. Alternatif rekomendasi desain yang dipilih yaitu alternatif 1 yang menggunakan material pelengkap lantai berupa *vinyl*. Hal ini dilakukan karena *vinyl* memiliki keunggulan dari parket kayu seperti harganya yang lebih murah, cara pemasangan dan perawatan yang lebih mudah, dan tetap memberikan motif yang mirip dengan parket kayu.



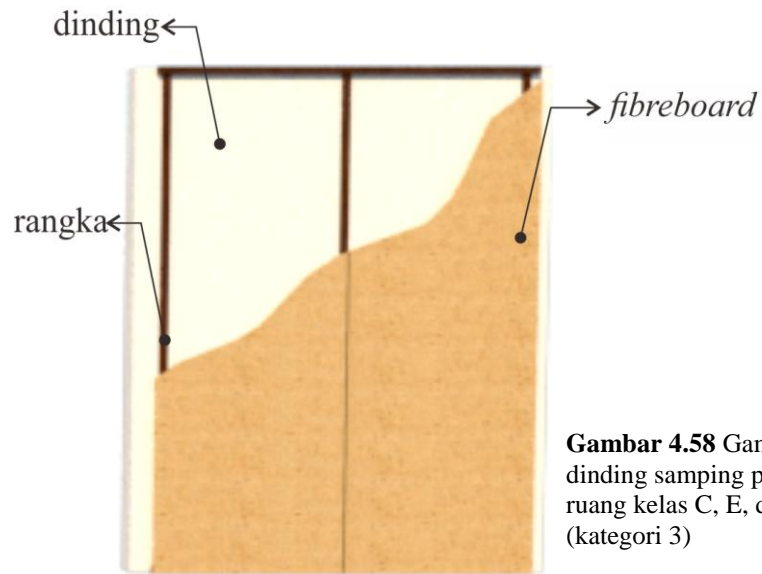
Gambar 4.55 Gambar tampak atas rekomendasi desain terpilih ruang kelas C, E, dan F (katergori 3)



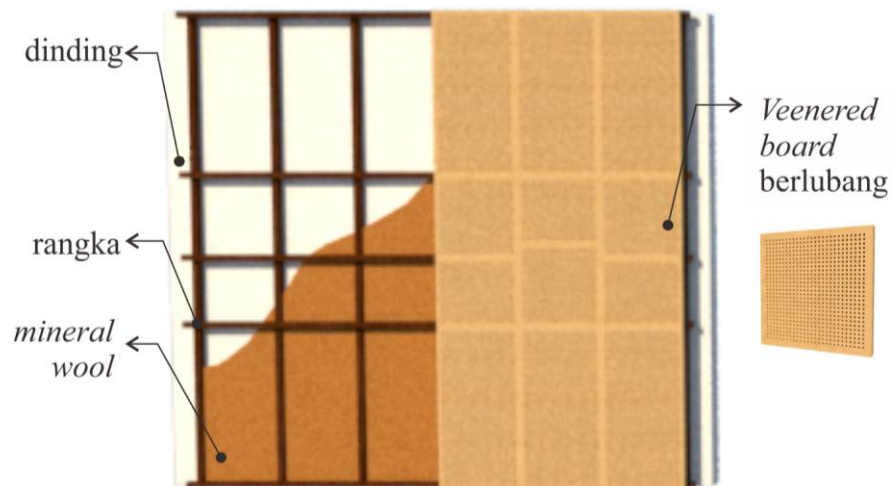
Gambar 4.56 Gambar perspektif arah dinding bagian depan rekomendasi desain terpilih ruang kelas C, E, dan F (katergori 3)



Gambar 4.57 Gambar perspektif arah dinding bagian depan rekomendasi desain terpilih ruang kelas C, E, dan F (katergori 3)



Gambar 4.58 Gambar detail dinding samping pada ruang kelas C, E, dan F (kategori 3)



Gambar 4.59 Gambar detail dinding belakang pada ruang kelas C, E, dan F (kategori 3)

Alternatif desain terpilih pada masing-masing kategori ruang kelas menunjukkan hasil yang sama yaitu alternatif 1. Alternatif 1 terdiri dari plafon berupa *plasterboard* gantung untuk ruang kelas kategori 1 dan *gypsum* untuk ruang kelas kategori 2 dan 3. Material lantai dan dinding pada ketiga ruang sama yaitu dinding depan berupa bata, diplester, dan dicat; dinding samping berupa *fibreboard* dengan 25mm celah udara; dinding belakang berupa *Veneered board* berlubang, 50 mm, lubang 1 mm, jarak 3mm, lubang 9% area terbuka, rongga 150 mm diisi 30 mm *mineral wool*; serta material lantai berupa *vinyl*. Penggunaan material diatas mampu

memperbaiki nilai waktu dengung dalam ruang kelas sesuai SNI yaitu 0,6 – 0,7 detik.

Alternatif desain yang terpilih sama pada ketiga kategori dikarenakan volume kelas yang sama kecuali pada kategori 1 yang kemudian diberikan plafon gantung dari *plasterboard*. Penggunaan material yang telah disebutkan pada tiap kategori kelas dapat memperbaiki nilai waktu dengung ruang kelas sehingga mampu meningkatkan kualitas akustik di ruang kelas.

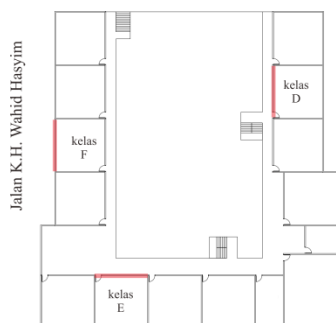
4.4.4. Analisis Perhitungan *Sound Reduction Index* (SRI) Rekomendasi

Desain

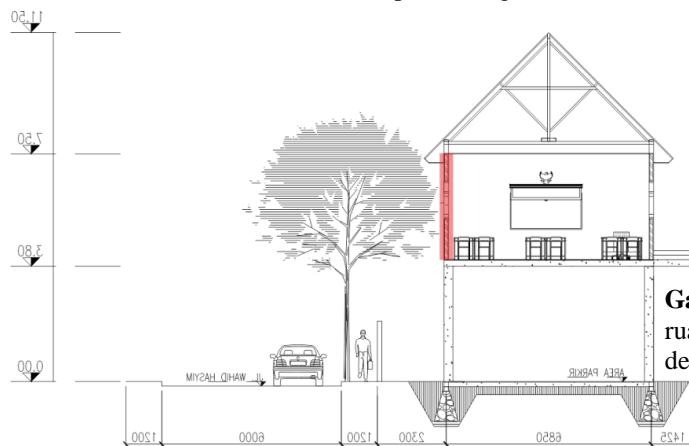
Perhitungan SRI (*Sound Reduction Index*) dilakukan untuk mengetahui tingkat kebisingan yang dapat diredam oleh suatu objek. Perhitungan ini dilakukan pada permukaan dinding yang berhadapan langsung dengan sumber kebisingan yaitu yang berhadapan dengan jalan raya. Permukaan dinding yang dihitung yaitu pada dinding berwarna merah pada masing-masing sampel ruang kelas.



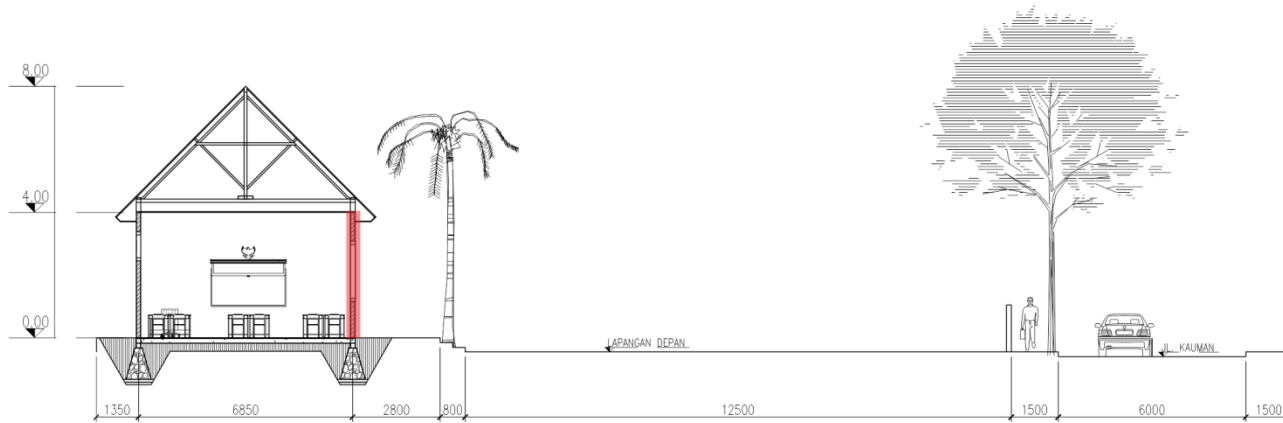
Gambar 4.60 Letak dinding perhitungan SRI pada ruang kelas di lantai 1



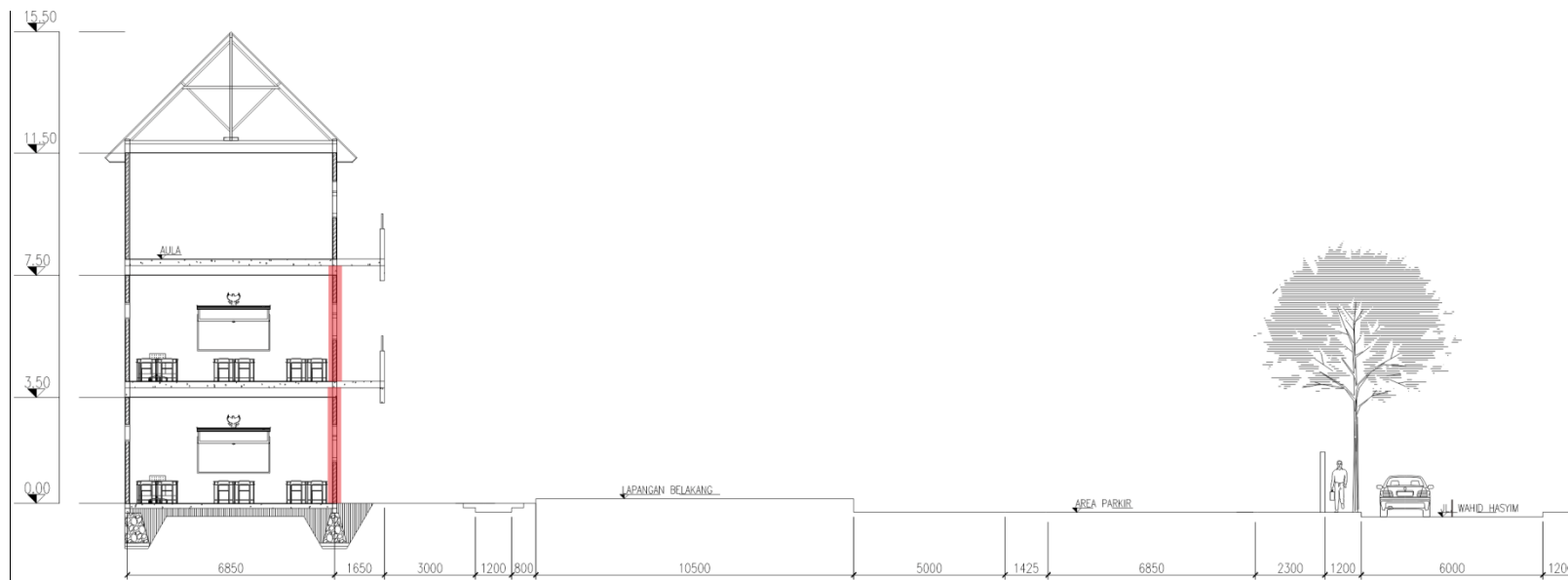
Gambar 4.61 Letak dinding perhitungan SRI pada ruang kelas di lantai 2



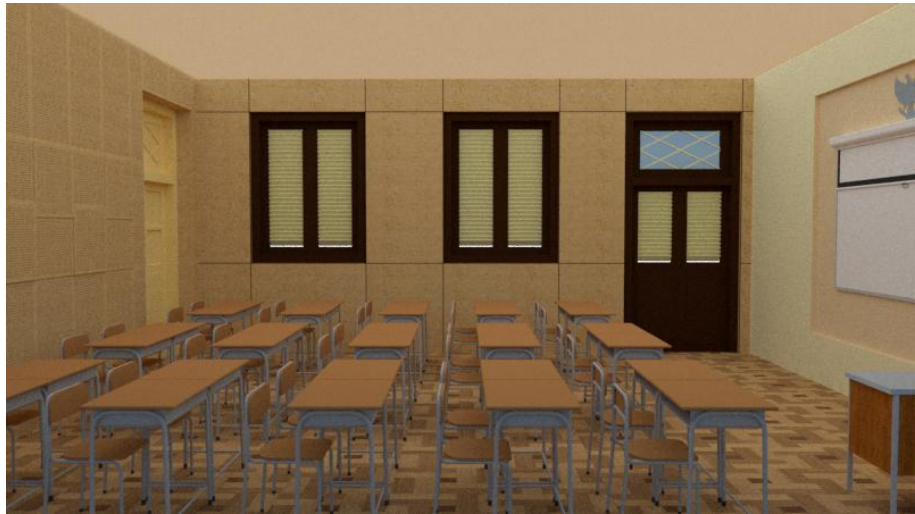
Gambar 4.62 Permukaan dinding ruang kelas F yang berhadapan dengan Jalan K.H. Wahid Hasyim



Gambar 4.63 Permukaan dinding ruang kelas A yang berhadapan dengan Jalan Kauman



Gambar 4.64 Permukaan dinding ruang kelas B,C,D, dan E yang berhadapan dengan Jalan K.H. Wahid Hasyim



Gambar 4.65 Gambar permukaan dinding untuk perhitungan SRI ruang kelas A



Gambar 4.66 Gambar permukaan dinding untuk perhitungan SRI ruang kelas B,C,D, dan E



Gambar 4.67 Gambar permukaan dinding untuk perhitungan SRI ruang kelas F

Perhitungan dapat dilakukan dengan mengetahui data material pelengkap dinding tersebut. Dinding hasil rekomendasi yang berupa dinding bata dipleser dengan *plywood* dengan tebal 12mm dalam rangka, terisi udara 30mm harus dilakukan perhitungan tersendiri untuk mengetahui besar SRI materialnya sebagai berikut:

Tabel 4.26 Tabel material pembentuk dinding

No.	Material	Massa permukaan	SRI material
1.	Batu bata dipleser	215 kg/m ²	45
2.	<i>Plasterboard</i>	15 kg/m ²	25

$$f_0 = 60 \sqrt{\frac{215+15}{215 \times 15 \times 0,025}} = 101,4;$$

$$f_d = \frac{55}{0,025} = 2200;$$

$$f = 500;$$

Hasil perhitungan frekuensi untuk menentukan rumus yang digunakan yaitu $f_0 < f < f_d = 101,4 < 500 < 2200$; sehingga digunakan rumus perhitungan:

$$\begin{aligned} R &= R_1 + R_2 + 20 \log (f.d) - 29 \\ &= 45 + 25 + 20 \log(12,5) - 29 \\ &= 62 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas menghasilkan besar SRI dari material dinding yang digunakan yaitu sebesar 56,5. Setelah spesifikasi dari setiap material diketahui, besar nilai reduksi dari keseluruhan dinding dapat dihitung menggunakan SRI sebagai berikut:

1. Ruang Kelas A

Tabel 4.27 Tabel perhitungan SRI dinding ruang kelas A

No.	Jenis permukaan	Luas permukaan (m ²)	Nilai SRI (dB)	τ -jenis permukaan
1.	Dinding	19,17	62	0,0000006
2.	Jendela kaca 6mm pada kusen	1,29	32	0,0006

3.	Jendela kaca 6mm pada kusen, bisa dibuka	5,64	28	0,001
4.	Pintu	3,24	18	0,016
SRI (dB)		0,00199		
<i>τ-average</i>		27		

2. Ruang Kelas B,C,D, dan E

Tabel 4.28 Tabel perhitungan SRI dinding ruang kelas B,C,D, dan E

No.	Jenis permukaan	Luas permukaan (m ²)	Nilai SRI (dB)	τ-jenis permukaan
1.	Dinding	16,35	62	0,0000006
2.	Jendela kaca 6mm pada kusen	1,66	32	0,0006
3.	Jendela kaca 6mm pada kusen, bisa dibuka	4,81	28	0,001
4.	Pintu	2,17	18	0,016
<i>τ-average</i>		0,0016		
SRI (dB)		27,9		

3. Ruang Kelas F

Tabel 4.29 Tabel perhitungan SRI dinding ruang kelas F

No.	Jenis permukaan	Luas permukaan (m ²)	Nilai SRI (dB)	τ-jenis permukaan
1.	Dinding	17,7	62	0,0000006
2.	Jendela kaca 6mm pada kusen	1,66	32	0,0006
3.	Jendela kaca 6mm pada kusen, bisa dibuka	5,64	28	0,001
<i>τ-average</i>		0,00026		

SRI (dB) 35

Nilai diatas menyatakan besar SRI atau besar reduksi kebisingan yang bisa dilakukan permukaan dinding tiap ruang kelas. Hasil tersebut kemudian digunakan untuk mereduksi nilai tingkat kebisingan yang telah diukur sebelumnya. Hasil akhir dari reduksi ini kemudian dibandingkan dengan tingkat kebisingan pada ruang kelas yang dianjurkan oleh SNI, sebagai berikut:

Tabel 4.30 Tabel perhitungan reduksi kebisingan pada masing-masing ruang kelas

Ruang kelas	Tingkat kebisingan		Setelah tereduksi kebisingan oleh <i>barrier</i> (7 dB)		Setelah tereduksi kebisingan oleh SRI masing-masing dinding kelas		
	L_{01}	L_{10}	L_{01}	L_{10}	SRI	L_{01}	L_{10}
	A	64,5	73,6	57,5	66,6	27	30,5
B	65,1	73,6	58,1	66,6	27,9	30,2	38,7
C	66,8	74,6	59,8	67,6	27,9	31,9	39,7
D	65,5	75	58,5	68	27,9	30,6	40,1
E	66,3	71,9	59,3	64,9	27,9	31,4	37
F	67,2	74,5	67,2	74,5	35	32,2	42,3

Rekomendasi desain terpilih memiliki tingkat reduksi kebisingan 27 hingga 35 dB. Hasil reduksi kebisingan ini meningkat sehingga dapat memenuhi tingkat kebisingan yang dianjurkan pada ruang kelas oleh SNI. Reduksi kebisingan yang dihasilkan dimasukkan ke tingkat kebisingan eksternal eksisting yang telah diukur sebelumnya. Rekomendasi desain terpilih mampu mereduksi kebisingan eksternal menjadi 30 hingga 42 dB tergantung pada besar tingkat kebisingan eksternal.