

**Korelasi Empirik Waktu Kerdam dan Kebisingan dengan
Speech Intelligibility dalam Ruang Kuliah Jurusan Sastra Inggris
Fakultas Sastra dan Seni Rupa Universitas Sebelas Maret**

R. Lullus Lambang G. Hidajat, ST., MT *)

Tri Istanto, ST, MT *)

Agus Dwi Priyanto, SS **)

ABSTRACT

This research is conducted to evaluate empirical correlation of speech intelligibility with the conditions of background noise and reverberation time. Sound pressure of source is measured as signal to noise ratio (SN) and reverberation time (RT) is measured in actual class rooms in building of faculty of English Letter Department of Sebelas Maret University.

SN is measured with SPL meter using dBA and dBC modes in order to determine gross dominant frequency of background noise. RT is evaluated using impulse method according to the ISO Standard 3382 (1997). Data records impuls and the responses of room are acquired in personal computer and evaluate with digital signal processing program. The development of program is part of this own researcher. Output of program is plot of SPL against time and then it is used to determine the room's reverberation time (RT₃₀).

Measurement and analysis which conducted in this research conclude that empirical correlation SI with SN and RT for specified rooms is according to $SI (\%) = 0,2774 SN + 0,2774 RT_{30} (500 \text{ Hz}) - 69,258\%$. Value of SI determines the acoustic condition of class room to provide students good hearing condition for every words of the lecturer spoken. Higher SI means class room is suitable for learning activities and the lower SI is considered not suitable and not comfortable for learning activities. By the equations, SI could be improve by adjust RT and decrease background noise.

: impuls response, Pemrosesan Sinyal Digital (DSP), Speech Intelligibility (SI), Signal to Noise Ration (SN), waktu kerdam

LATAR BELAKANG

Proses belajar mengajar di Perguruan Tinggi yang baik dipengaruhi oleh mutu kegiatan yang terjadi di dalam ruang kuliah. Seorang dosen memberikan materi kuliah kepada mahasiswa dengan cara ceramah. Proses akustik yang terjadi didalam ruang kuliah ini adalah komunikasi verbal. Kuantitas yang dapat diukur dalam proses ini adalah *speech intelligibility* (SI). SI adalah persentase ucapan pembicara yang dapat didengar oleh rata-rata pendengar dengan jelas dan benar. Pendengar dalam hal ini adalah mahasiswa usia muda dengan pendengaran normal. SI mengabaikan warna suara, aksen dan artikulasi dari pembicara.

SI dipengaruhi oleh faktor akustik ruangan yang berupa beda level sinyal terhadap kebisingan (*signal to noise level*

difference, (SN)) yang merupakan beda antara level sinyal suara terhadap level kebisingan sekitar dan waktu kerdam (*Reverberation Time* (RT)) yang dapat dinyatakan dengan RT₆₀ atau RT₃₀

Komunikasi verbal terjadi antara dosen sebagai pembicara dan mahasiswa sebagai pendengar dapat diukur tingkat efektifitasnya dengan SI. SI merupakan kuantitas subyektif sesuai dengan kondisi pendengar dan kualitas perhatian pendengar terhadap pembicara di dalam ruang kuliah. Tetapi faktor-faktor akustik yang mempengaruhi SI (SN dan RT) adalah kuantitas fisik yang dapat diukur. Oleh karena itu penelitian ini berusaha mendapatkan korelasi antara kondisi subyektif ini dengan kuantitas-kuantitas

terukur yang mempengaruhi secara empirik.

Selanjutnya penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan korelasi empirik antara SI dengan SN dan RT. Tingkat kehadiran pendengar atau kondisi *occupancy* yang semakin besar akan menurunkan RT. Nilai RT yang rendah menyebabkan kondisi akustik ruangan yang rentan terhadap gangguan *background noise*. Jadi dapat diperkirakan SI akan bernilai rendah jika kondisi *occupancy* dan SN yang tinggi untuk volume ruangan yang tertentu.

Penelitian akustik ini dilaksanakan dalam ruang-ruang kuliah di Fakultas Sastra dan Seni Rupa UNS. Adanya keluhan dari beberapa staf pengajar Jurusan Sastra Inggris Fakultas Sastra dan Seni Rupa UNS mengenai ruang kuliah yang belum efektif untuk kegiatan belajar mengajar juga menjadi alasan dilakukannya penelitian ini.

LANDASAN TEORI

1. Kuantitas Akustik yang Mempengaruhi *Speech Intelligibility*

SI adalah persentase ucapan pembicara yang dapat didengar oleh rata-rata pendengar dengan jelas dan benar. SI dipengaruhi oleh faktor akustik ruangan yang berupa beda level sinyal terhadap kebisingan (SN) dan waktu kerdam (RT). SN menyatakan beda level sinyal dengan level kebisingan sekitar (*background noise*). Suara dihasilkan oleh pembicara dan pendengar akan menerima sinyal suara ini dengan baik jika tidak terganggu oleh kebisingan atau sumber suara lain yang dapat menimbulkan efek *masking* atau gema. SN menyatakan efektifitas konstruksi ruangan dalam menahan kebisingan (*noise barrier*).

Waktu kerdam (RT) menyatakan laju penurunan energi suara dalam ruangan. RT berhubungan langsung dengan sifat absorpsi permukaan-permukaan dalam ruangan dan dimensi ruangan. Pengukuran RT dilakukan pada nilai frekuensi yang sering dipilih yaitu 250,500 dan 1000 Hz. Sifat-sifat absorpsi suara suatu bahan

biasanya dinyatakan pada frekuensi-frekuensi ini.

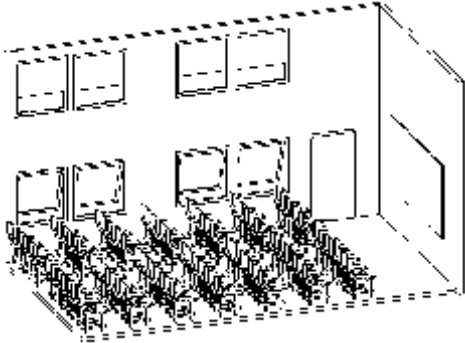
Secara teoritis RT dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan Sabine atau Eyring. Cara ini memerlukan data akurat sifat absorpsi suara bahan, luasan permukaan bahan absorber, dan distribusi permukaan tersebut dalam ruangan serta volume ruangan. Kondisi *occupancy* atau tingkat kehadiran pendengar dalam suatu ruang juga mempengaruhi RT. Perubahan kehadiran pendengar akan menyebabkan perubahan luasan absorpsi suara.

Penelitian yang dilakukan oleh Kahn dan Tichy (1984) menyimpulkan bahwa SI akan menurun secara kontinyu sebagai fungsi jarak dari sumber suara dengan laju penurunan bergantung pada penempatan permukaan absorber di dalam ruangan. Penelitian ini menunjukkan kekuatan medan suara *reverberant* di atas tempat duduk pendengar bergantung pada luas dan penempatan dari permukaan-permukaan absorber. Penempatan permukaan absorber suara pada langit-langit akan menghasilkan waktu kerdam yang lebih lama. Penempatan permukaan absorber di dinding depan ruangan akan menghasilkan waktu kerdam yang lebih pendek dan menurunkan besarnya *sound pressure level* (SPL) yang diukur di dalam ruangan.

Penelitian yang dilakukan oleh Hodgson (2000) menunjukkan hubungan *speech level* ditentukan dengan jarak antara pembicara dengan pendengar pada kondisi ruangan yang kosong dan ruangan yang penuh dengan pendengar. Untuk ruang kelas yang besar dengan kondisi pendengar penuh dengan jarak antara pembicara dan pendengar sebesar 1 m dan posisi pembicara di depan ruangan, akan menurunkan *speech level* sebesar 0,3 sampai dengan 3,1 dBA. Jika posisi pembicara berada dibelakang ruangan dalam ruang kuliah yang sama maka SL akan turun sebesar 3 sampai 7 dBA dibandingkan dengan posisi pembicara di depan ruang kuliah.

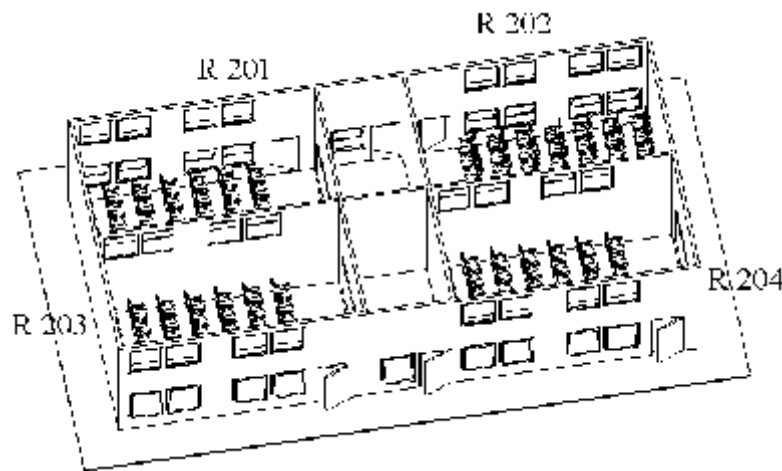
Pengaruh perubahan kondisi *occupancy* atau tingkat kehadiran pendengar terhadap perubahan waktu kerdam

juga telah diteliti oleh Hidajat (2002). Berdasarkan persamaan RT Sabine dapat ditunjukkan bahwa waktu kerdam berbanding terbalik terhadap luasan permukaan absorpsi. Jika diketahui RT pada kondisi kosong maka RT pada kondisi kehadiran pendengar tertentu dapat diketahui.



Gambar 1. Sketsa 3 dimensi ruang kuliah

Selanjutnya berdasarkan latar belakang dan landasan teori ini maka dapat dilakukan penelitian untuk mendapatkan data kondisi akustik RT dan *background noise* dari ruang-ruang kuliah di Fakultas Sastra dan Seni Rupa UNS dan *speech intelligibility* (SI) untuk kemudian dianalisis secara empirik. Kecenderungan *speech intelligibility* terhadap kondisi akustik ini dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan ruang kuliah yang berfungsi efektif dalam pelaksanaan proses belajar mengajar. Sketsa 3 dimensi untuk ruang kuliah Fakultas Sastra dan Seni Rupa Universitas Sebelas Maret yang digunakan oleh Jurusan Bahasa Inggris dapat dilihat pada Gambar 1.

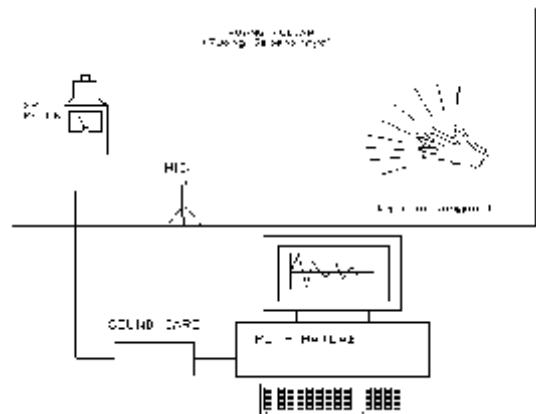


Gambar 2. Sketsa Lantai 2 (sebagian) Gedung Kuliah Fakultas Sastra dan Seni Rupa UNS. Ruang Kuliah R 201, R 202, R203 dan R 204,

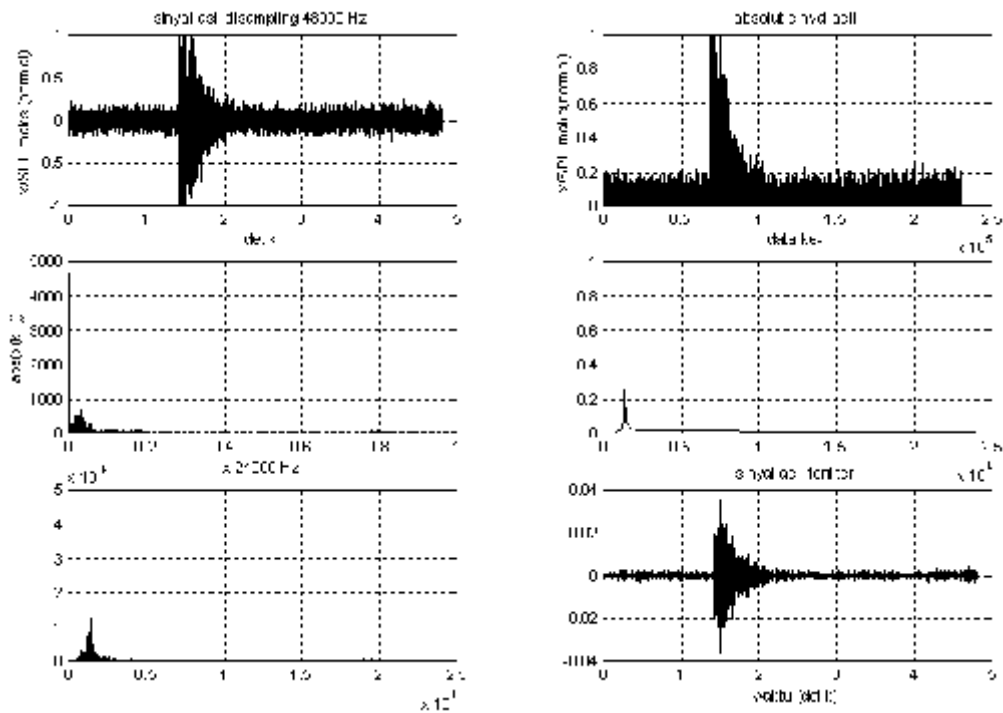
2. Pengukuran RT

Pengukuran waktu kerdam dalam penelitian ini dilakukan dengan metode respon impuls terintegrasi (*integrated impuls response*) (ISO 3382,1997). Gambar 3 menunjukkan cara pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini.

Suara kejutan dihasilkan oleh suara tepukan tangan 1 kali. Data SPL tepukan tangan diukur dengan menggunakan SPLmeter. Mikropon dan *sound card* berfungsi untuk merekam data suara impuls tepukan tangan yang selanjutnya diolah menggunakan komputer. Data rekaman suara tepukan ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 3. Cara pengukuran RT yang digunakan dalam penelitian



Gambar 6. Pengolahan sinyal digital impuls respon.

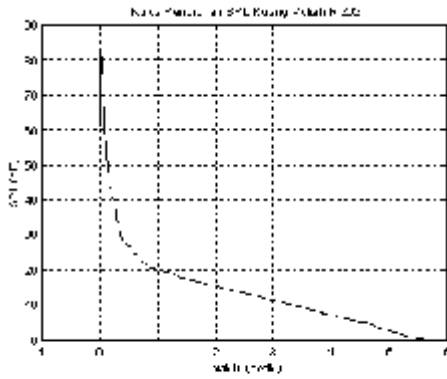
Urutan gambar yaitu dari kiri ke kanan (Gb. 6.1 – 6.2) kemudian ke bawah (gb. 6.3 -6.4) dan seterusnya..

Frekuensi dominan untuk pembicaraan dalam ruangan adalah 500 Hz dan data pengukuran *background noise* menunjukkan frekuensi dominan 500 sampai dengan 1000 Hz. Untuk mendapatkan impuls respon pada frekuensi 500 Hz diperlukan proses filter. Proses filter sinyal ditunjukkan pada Gambar 6.

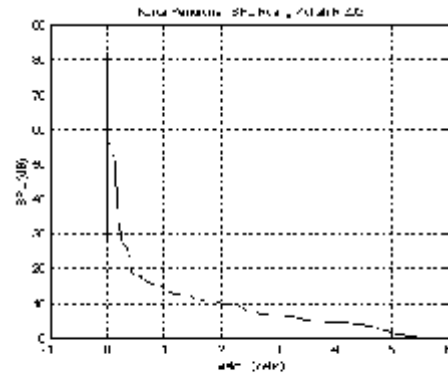
Gambar 6.1 menunjukkan sinyal suara awal yang diperoleh dari rekaman digital respon impuls tepukan tangan terhadap domain waktu (detik). Gambar 6.2 adalah data absolut nilai sinyal yang akan digunakan untuk menentukan posisi /nomor data dengan nilai sinyal maksimum. Gambar 6.3 merupakan keluaran dari pengolahan FFT untuk menentukan kandungan frekuensi keseluruhan dari sinyal suara awal. Gambar 6.4 menunjukkan karakteristik filter yang digunakan yaitu cheby1 (Matlab). Frekuensi yang diteruskan adalah 500 Hz yang dapat ditentukan dari perhitungan $0,0208 \times 24000 \text{ Hz} = 500 \text{ Hz}$ (mendekati). Gambar 6.5 menunjukkan hasil pengolahan FFT untuk sinyal yang

telah difilter. Dapat dilihat bahwa frekuensi dominan yang diteruskan adalah $0,02 \times 25000 \text{ Hz} = 500 \text{ Hz}$. Gambar 6.6 menunjukkan sinyal suara frekuensi 500 Hz terhadap domain waktu. Sinyal pada Gambar 6.6 ini menjadi data masukan untuk mendapatkan kurva penurunan SPL yang diperoleh dengan cara *backward integration* (ISO 3382).

Dalam penelitian ini digunakan kriteria RT 30 yaitu waktu kerdam ditentukan berdasarkan penurunan SPL -5 dB dari nilai awal (SPL maksimum dari pengukuran dalam ruangan dengan suara tepukan tangan) sampai dengan -30 dB (ISO 3382). Gambar 7.1 menunjukkan kurva penurunan SPL terhadap waktu untuk sinyal suara awal tanpa filter 500 Hz (data suara Gambar 4.1). Gambar 7.2 adalah kurva penurunan SPL terhadap waktu untuk sinyal suara frekuensi 500 Hz yang diperoleh dari Gambar 6.6. Seperti telah ditunjukkan pada Gambar 5, selanjutnya nilai RT untuk masing-masing ruangan dapat ditentukan.



Gambar 7.1 Kurva penurunan SPL terhadap waktu sinyal impuls awal



Gambar 7.2 Kurva penurunan SPL frekuensi 500 Hz terhadap waktu

2. Pengukuran SI Subyektif

Speech intelligibility merupakan persentase ucapan pembicara yang dapat didengar oleh rata-rata pendengar dengan jelas dan benar. Penelitian ini mencari data SI secara subyektif yaitu dengan pengambilan data dengan cara angket. Materi angket dapat dilihat pada Lampiran 1. Angket Untuk Staf Pengajar dan Lampiran 2. Angket untuk Mahasiswa. *Speech intelligibility* dihitung berdasarkan

jenis kegiatan. Contoh perhitungan berdasarkan tabel 2 adalah sebagai berikut:

> Nilai item soal no.4 sebesar 77 %, nilai mahasiswa dari hasil angket sebesar 73,8 %. Jenis kegiatan adalah ceramah dengan lama kegiatan 100 menit, maka diperoleh :
 > Nilai item no.4 x jenis kegiatan x nilai mahasiswa x lamanya kegiatan = 73,8% x 75 kata/50 menit x 77% x 100 menit = 85,24 kata

$$SI = (85,24 / 150) \times 100\% = 56,83\%$$

Tabel 2. Perhitungan Skor Angket

Soal	Bobot	Waktu	Skor	Jawaban	S x J	Bobot x N.item
Soal no.2	Bobot 30%	30 menit pertama	0,4	0,7	0,28	
		30 menit kedua	0,4	0,7	0,28	
		menit-menit dst	0,3	0,7	0,21	
Nilai item					0,77	0,231
Soal no.3	Bobot 20 %	30 menit pertama	0,4	0,5	0,20	
		30 menit kedua	0,4	0,5	0,20	
		menit-menit dst	0,3	0,7	0,21	
Nilai item					0,61	0,122
Soal no.4	Bobot 50 %	30 menit pertama	0,4	0,7	0,28	
		30 menit kedua	0,4	0,7	0,28	
		menit-menit dst	0,3	0,7	0,21	
Nilai item					0,77	0,385
Nilai mahasiswa						0,738

Untuk angket mahasiswa soal nomor 2 menilai tentang kejelasan suara dosen. Dengan pertanyaan ini dapat diketahui presentase mahasiswa secara subyektif menilai kejelasan suara dosen di dalam ruang kuliah. Hal ini berhubungan dengan SN yaitu SPL suara terhadap *background noise*. Hal ini juga dipengaruhi oleh RT tetapi dalam penelitian ini tidak menunjukkan keadaan yang signifikan.

Soal nomor 3 menilai pemahaman mahasiswa terhadap ucapan dosen. Dengan pertanyaan ini dapat diketahui presentase mahasiswa secara subyektif paham terhadap ucapan dosen. Hal ini dipengaruhi oleh perhatian mahasiswa dan kependaiannya juga jawaban yang diberikan pada soal angket nomor 2. Soal angket nomor 4 menilai secara langsung SI. Bobot nilai untuk soal ini 50%.

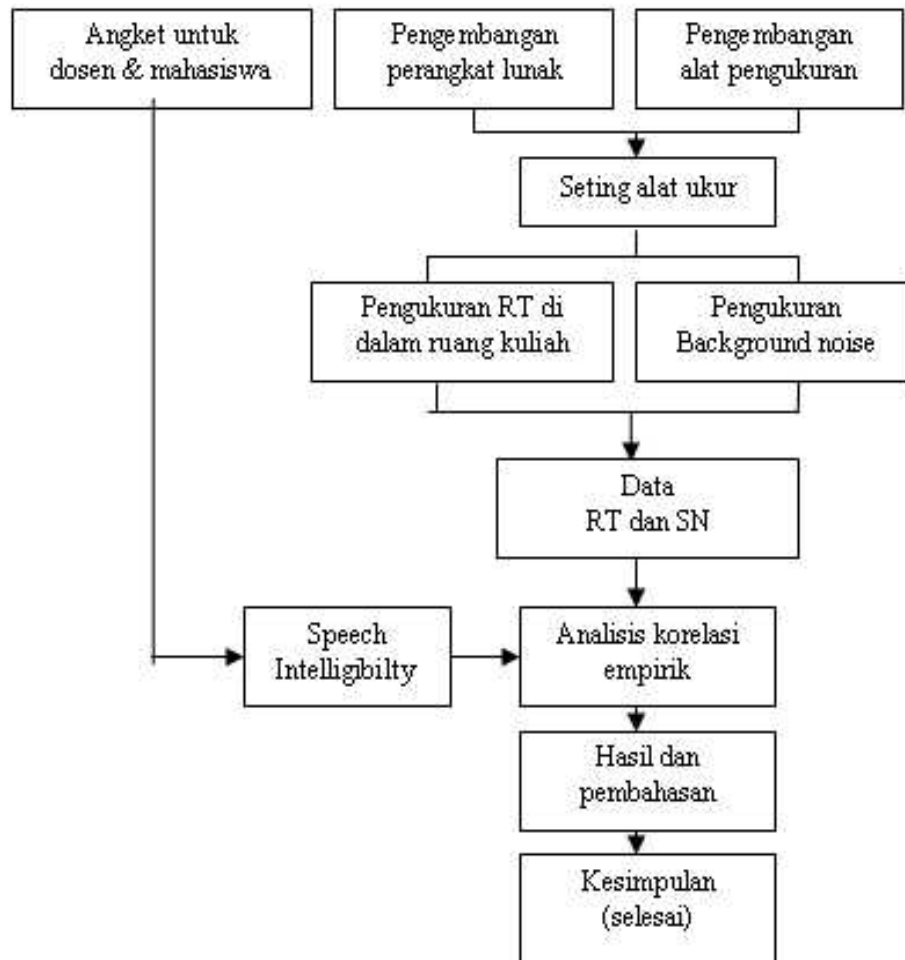
Jawaban soal ini dipengaruhi oleh posisi duduk mahasiswa, SN dan RT.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 8. Pengembangan perangkat lunak pengukuran RT menggunakan Matlab dan alat ukur adalah Soundcard external USB. Seting alat ukur yaitu melakukan pemeriksaan kepekaan mikropon dan menentukan frekuensi sampling yang sesuai. Dalam tahap ini, hasil data dengan frekuensi sampling 48 kHz dapat diproses dengan baik oleh komputer prosesor AMD Athlon 2,0 GHz. Frekuensi sampling ini telah memenuhi kriteria frekuensi Nyquist yaitu $f_{\text{sampling}} > 2 \times f_{\text{maksimum}}$ sinyal suara 20 kHz.

Hasil RT pengukuran yang diperoleh dalam penelitian ini dibandingkan dengan hasil perhitungan teoritis dan data-data dari studi pustaka.

Setelah diperoleh data kondisi akustik yaitu RT dan *background noise*

dari ruang-ruang kuliah yang digunakan oleh Jurusan Sastra Inggris Fakultas Sastra dan Seni Rupa UNS serta *speech intelligibility*, penelitian dilanjutkan dengan melakukan analisis empirik. Analisis empirik bertujuan untuk membuat model empirik yang berupa persamaan matematis yang menyatakan bagaimana suatu variabel mempengaruhi respon. Fungsi respon yang sebenarnya tidak diketahui. Penelitian ini menggunakan analisis empirik untuk memberikan pendekatan terhadap fenomena SI yang belum diketahui hubungannya secara eksak dengan RT dan SN. Namun demikian jika penelitian ini dapat dilakukan, maka kecenderungan *speech intelligibility* terhadap kondisi akustik ini dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan ruang kuliah yang berfungsi efektif dalam pelaksanaan proses belajar mengajar.



Gambar 8. Diagram alir penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. RT Teoritis dan RT Pengukuran

Perhitungan RT teoritis berdasarkan persamaan Sabine memerlukan data luasan permukaan dalam ruangan dan koefisien absorpsinya. Tabel 3 menunjukkan nilai koefisien absorpsi rata-rata permukaan-permukaan dalam ruang kuliah R201 Gedung FSSR UNS.

Data RT teoritis untuk kondisi *occupancy* kosong, setengah penuh dan penuh untuk ruang kelas R 201 ditunjukkan pada Tabel 4. Pengukuran RT dengan menggunakan metode impuls

respon memberikan nilai yang rendah, yaitu kurang dari 0,5 kali RT teoritis untuk kondisi *occupancy* penuh (52 orang mahasiswa hadir).

Perbedaan RT teoritis dan RT penelitian ini dapat disebabkan kondisi ruangan kuliah pada saat pelaksanaan perekaman data impuls respon dengan jendela atau pintu yang terbuka, sehingga suara impuls dengan mudah keluar ruangan dan tidak mengalami reverberasi. Namun demikian kondisi ini aktual dengan keadaan kelas pada saat perkuliahan, yaitu tetap membiarkan pintu atau jendela terbuka untuk ventilasi udara.

Tabel 3. Data luasan permukaan dan koefisien absorpsi ruang kelas ukuran sedang
Volume ruang kelas 382,8 m³

No	Komponen	Bahan	Luas (m ²)	Koefisien absorpsi rata-rata		
				250 Hz	500 Hz	1000 Hz
1	Lantai ruang	Tegel	66	0,03	0,03	0,03
2.	Dinding samping kanan	Bata plester dicat	61,16	0,05	0,06	0,07
3	Dinding samping kiri	Bata plester dicat	36,41	0,05	0,06	0,07
4	Dinding depan	Bata plester dicat	30,96	0,05	0,06	0,07
5	Dinding belakang	Bata plester di cat	34,8	0,05	0,06	0,07
6	Langit-langit	Asbes	66	0,01	0,01	0,01
7	Jendela	Kaca nako dan kaca bening	24,75	0,01	0,01	0,01
8	Pintu	Kayu multiplex	5,28	0,25	0,20	0,17
9	Papan tulis	White board multiplex	3,84	0,20	0,20	0,20
10	Bangku mahasiswa	Kayu standar	@ 0,6 x 52 bh	0,25	0,20	0,17

Tabel 4. RT Sabine dan RT Penelitian

No	Item	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
<i>Occupancy : kosong</i>				
1	S_i (m ²)	0,058	0,0576	0,06
2		20,95	20,76	21,30
3	RT 60 (detik)	2,978	2,879	2,76
<i>Occupancy : setengah penuh</i>				
1	S_i (m ²)	0,11	0,12	0,13
2		43,05	48,39	52,83
3	RT 60 (detik)	1,44	1,32	1,22
<i>Occupancy : setengah penuh</i>				
1	S_i (m ²)	0,153	0,179	0,198
2		65,2	76,01	84,35
3	RT 60 (detik)	0,959	0,819	0,741
<i>RT penelitian (metode impuls respon)</i>				
1	RT 30 (detik)	0,45	0,35	0,25
2	RT 30 untuk semua frekuensi (detik)	0,4		

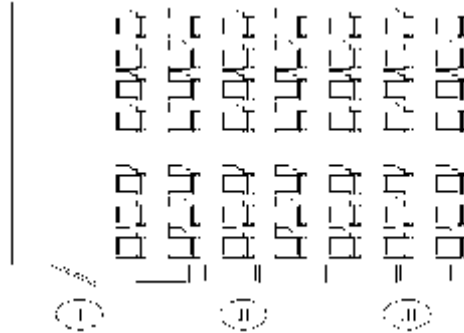
2. Pengukuran SN

Data pengukuran SPL *background noise* ditunjukkan pada Tabel 5. SPL *background noise* diukur dari sisi luar ruangan seperti ditunjukkan pada Gambar

9. Sedangkan SPL sinyal suara dosen ditentukan sebesar 56 dB maksimum (Nilai normal SPL untuk *speech* adalah 50 dB sampai dengan 70 dB).

Tabel 5. Pengukuran SPL *background noise* dan perhitungan SN Ruang 201

No	Posisi Pengukuran	dBA	dBC	SPL sinyal (dBA)	SN (dBA)
1	I (depan)	52	56	56	3
2	II (tengah)	52	55	56	3
3	III (belakang)	52	56	56	3



Gambar 9. Posisi pengukuran SPL *background noise* untuk ruang R 201

Dari tabel 1 dan tabel 5 dapat diketahui bahwa *background noise* mempunyai frekuensi dominan sekitar 500 Hz. Sehingga dapat ditentukan bahwa sumber *noise* ini adalah *speech* atau percakapan yang terjadi diluar ruangan kuliah. SN untuk ruang kuliah R 201 ini adalah 3 dB yaitu sumber sinyal mempunyai level suara 3 dB diatas level suara kebisingan dari luar ruang kuliah. Kondisi ini menyebabkan nilai SI yang rendah apabila RT ruangan rendah. Suara dosen tidak akan mencapai mahasiswa yang duduk di bangku deretan belakang.

3. Hasil Angket Mahasiswa

Angket dilakukan untuk mendapatkan data subyektif mahasiswa mengenai kejelasan suara dosen, pemahaman ucapan dosen oleh mahasiswa dan apakah mahasiswa dapat mendengar setiap kata yang diucapkan dosen. Pemilihan sasaran angket kepada mahasiswa Jurusan Sastra Inggris dengan

maksud agar dalam penelitian dimungkinkan diperoleh nilai SI yang kritis karena bahasa pengantar dalam kuliah adalah bahasa Inggris yang bukan merupakan bahasa ibu (bahasa indonesia). *Speech intelligibility* yang diperoleh adalah SI dugaan (*assesment*) yang bersifat subyektif karena berdasarkan keadaan dosen dan mahasiswa pendengar. Angket yang diberikan juga bersifat terbuka, karean mahasiswa diperbolehkan untuk memikirkan kembali apa yang telah didengarnya. Metode-metode pengukuran SI subyektif telah banyak dikembangkan, Salah satunya adalah dengan menentukan hubungan SI subyektif dengan *Speech Transmission Index* (STI). Nilai STI berdasarkan analisis sinyal buatan yang menggantikan sinyal suara sebenarnya. Pengukuran SI berdasarkan STI ini akan dilaksanakan pada penelitian-penelitian lanjutan yang lebih canggih. Selanjutnya untuk penelitian ini, hasil angket dapat dilihat pada Tabel 6, 7 dan 8.

Tabel 6. Hasil angket mahasiswa dan SI subyektif ruang R 201

No.	Item	Nilai rata-rata
1	Kejelasan suara dosen	19
2	Pemahaman ucapan dosen oleh mahasiswa	12
3	Mahasiswa dapat mendengar dgn jelas setiap kata (75%)	25
Nilai mahasiswa		56
4	Speech Intelligibility (SI) subyektif	29 %

Tabel 7. Hasil angket mahasiswa dan SI subyektif ruang R 202

No.	Item	Nilai rata-rata
1	Kejelasan suara dosen	17
2	Pemahaman ucapan dosen oleh mahasiswa	10
3	Mahasiswa dapat mendengar dgn jelas setiap kata (75%)	23
Nilai mahasiswa		51
4	Speech Intelligibility (SI) subyektif	25 %

Tabel 8. Hasil angket mahasiswa dan SI subyektif ruang R 204

No.	Item	Nilai (%)
1	Kejelasan suara dosen	24
2	Pemahaman ucapan dosen oleh mahasiswa	14
3	Mahasiswa dapat mendengar dgn jelas setiap kata (75%)	34
Nilai mahasiswa		73
4	Speech Intelligibility (SI) subyektif	51 %

Nilai rata-rata yang dimaksud pada tabel-tabel diatas adalah nilai rata-rata dari persentase bobot x nilai angket seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Jawaban soal angket nomor 4 mengenai apakah mahasiswa dapat mendengar dengan jelas setiap kata yang diucapkan dosen mempunyai bobot 50%. Sehingga berpengaruh pada nilai SI yaitu untuk ruang R 201 : 25% diperoleh SI 29% ,untuk ruang R 202 : 23% diperoleh SI 25% dan untuk ruang R 204 : 34% diperoleh SI 51%..

4. Korelasi Empirik SI dengan SN dan RT

Penelitian dilanjutkan dengan menentukan korelasi empiris antara SI dengan SN dan RT30 untuk frekuensi 500 Hz. Hasil pengukuran SN dan RT untuk tiap ruangan ditunjukkan pada Tabel 8, 9 dan 10.

Berdasarkan tabel 8, 9 dan 10 dapat diketahui bahwa untuk nilai SN yang lebih

tinggi akan diperoleh nilai SI yang lebih tinggi pula. Penelitian ini menunjukkan pengaruh waktu kerdam (RT) terhadap SI tidak begitu signifikan. Hal ini dapat disebabkan oleh metode pengukuran yang dilakukan, kondisi ruangan pada saat pengukuran. Nilai RT dapat berubah cukup besar jika kondisi *occupancy* berubah. Absorpsi suara yang disebabkan oleh pendengar (orang) dapat menurunkan kekuatan medan suara *reverberant* dan melemahkan level suara sinyal. Selain itu kondisi *occupancy* juga mempengaruhi SN dalam ruangan kuliah.

Nilai SI maksimal yang mungkin diperoleh jika seluruh jawaban angket bernilai penuh adalah 81 % ditunjukkan pada lampiran 1. Jadi jika nilai SI sebesar 51 % maka nilai SI tersebut adalah $51/81 = 0,63$ (63%) dari SI yang terbaik atau SI 100% yang berarti mahasiswa dapat mendengar dengan jelas seluruh ucapan dosen selama perkuliahan berlangsung.

Tabel 8. Data Angket, Nilai SN dan RT ruang R201

No.	Item	Nilai rata-rata	SN	RT ₃₀ 500 Hz
1	Kejelasan suara dosen	0,19	3	0,35 s
2	Pemahaman ucapan dosen oleh mahasiswa	0,12	3	0,35 s
3	Mahasiswa dapat mendengar dengan jelas setiap kata	0,25	3	0,35 s
Nilai mahasiswa		0,56	3	0,35 s
4	“Speech Intelligibility” (SI)	0,29 (29%)	3	0,35 s

Tabel 9. Data Angket, Nilai SN dan RT ruang R202

No.	Item	Nilai rata-rata	SN	RT ₃₀ 500 Hz
1	Kejelasan suara dosen	0,17	3	0,4 s
2	Pemahaman ucapan dosen oleh mahasiswa	0,10	3	0,4 s
3	Mahasiswa dapat mendengar dengan jelas setiap kata	0,23	3	0,4 s
	Nilai mahasiswa	0,51	3	0,4 s
4	“Speech Intelligibility” (SI)	0,25 (25%)	3	0,4 s

Tabel 10. Data Angket, Nilai SN dan RT ruang R204

No.	Item	Nilai rata-rata	SN	RT ₃₀ 500 Hz
1	Kejelasan suara dosen	0,24	4	0,45 s
2	Pemahaman ucapan dosen oleh mahasiswa	0,14	4	0,45 s
3	Mahasiswa dapat mendengar dengan jelas setiap kata	0,34	4	0,45 s
	Nilai mahasiswa	0,73	4	0,45 s
4	“Speech Intelligibility” (SI)	0,51 (51 %)	4	0,45 s

Analisis untuk menentukan persamaan empirik dilakukan dengan terlebih dulu menyusun persamaan linier yang menghubungkan SN dan RT dengan SI. Penelitian yang dilakukan telah memberikan 3 pasang data untuk menentukan 2 buah koefisien sehingga diperoleh sistem persamaan yang *overdetermined*. Dengan metode matrik dapat ditentukan koefisien-koefisien tersebut dengan mudah. Jika ditentukan besarnya kontribusi SN dan RT terhadap

nilai SI prediksi adalah sama maka diperoleh persamaan :

$$SI (\%) = 0,2774 SN + 0,2774 RT_{30} (500 \text{ Hz}) - 69,258\%.$$

Faktor koreksi -69,258 % diperoleh dengan cara *trial & error* seperti ditunjukkan pada lampiran 10 Perhitungan Matlab untuk meentukan koefisien SN dan RT. Tabel 11 menunjukkan selisih SI yang diperoleh dari persamaan diatas dengan SI hasil angket.

Tabel 11. SI Angket dan SI Empiris

Pengukuran			Model Empirik	Selisih
SN	RT	SI	SI	
3.	0.35	0.287	0.237	-0.050
3.	0.4	0.248	0.251	0.003
4.	0.45	0.511	0.542	0.031

KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan korelasi empirik antara SI dengan SN dan RT untuk ruang-ruang kuliah Jurusan Sastra Inggris FSSR UNS. Kuantitas akustik SN dan RT ditentukan dengan cara pengukuran. Nilai SN dan RT yang diperoleh digunakan untuk menyusun persamaan empiris yang menghubungkan SI dengan SN dan RT. Persamaannya

adalah $SI (\%) = 0,2774 SN + 0,2774 RT_{30} (500 \text{ Hz}) - 69,258 \%$. Penerapan persamaan ini adalah jika diinginkan persentase SI yang tinggi maka harus mengusahakan SN yang tinggi, yaitu suara dosen harus lebih tinggi sekitar 5 – 10 dB dari SPL *background noise*. Nilai RT untuk ruang-ruang kuliah adalah antara 0,4 - 0,5 detik (*Classroom acoustics booklet, Acoustical Society of America*). Nilai RT ini dapat

dinaikkan dengan menambahkan permukaan pemantul suara di dinding depan ruangan kelas (Kahn dan Tichy, 1984).

Pengukuran RT dengan metode impuls respon telah digunakan dalam penelitian ini. Pelaksanaan pengukuran berdasarkan standar ISO 3382 1997 : *Acoustics – Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters*. Metode *backward integration* digunakan untuk mendapatkan kurva penurunan SPL terhadap waktu berdasarkan data rekaman impuls respon.

Seperti telah ditekankan dalam penelitian ini, SI merupakan kriteria akustik untuk ruang kuliah yang penting. Jika nilai SI sebesar 75% ,dapat dikatakan untuk setiap dosen mengucapkan satu kalimat yang terdiri dari empat kata (SPOK) maka mahasiswa dapat mendengar kalimat tersebut terdiri dari tiga kata. Kondisi ini akan menurunkan mutu proses belajar mengajar dalam ruang kuliah dan menimbulkan kesulitan belajar bagi mahasiswa. Dengan demikian hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai alasan untuk meningkatkan efektifitas kegiatan dalam ruang kuliah pada khususnya dan memajukan proses belajar mengajar di perguruan tinggi pada umumnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada semua pihak yang memberi bantuan untuk terselenggaranya penelitian ini. Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional, sesuai dengan surat perjanjian pelaksanaan pekerjaan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat nomor 033/SPPP/PP-PM/DP3M/IV/2005 tanggal 11 April 2005

DAFTAR PUSTAKA

Akil, Husein A., 1996, *Pengembangan sistem pengukuran waktu dengung (reverberation time) dengan komputer PC dan menggunakan sumber suara kejut*

(*impulse sound*), Jurnal PPI-KIM 1996 ISSN 0852-002 X, Puslibang KIM-LIPI Puspipstek Serpong Tangerang

Hidajat, R. Lullus Lambang G., 2002, *Analisis Reverberation Time Ruang Auditorium Graha Sabha Pramana Universitas Gadjah Mada dengan pemodelan akustik skala 1 : 20*, Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri, ISBN. 979-96890- 0-7, Yogyakarta

Hodgson, Murray., 2000, *Empirical Prediction of Speech Levels and Reverberation in Classrooms.*, Building Acoustics, Volume 8, number 1, 2001 pp 1 - 14

ISO 3382, 1997, *Acoustics – Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters*, second edition, International Organization for Standardization

Kahn, David W., Tichy, Jiri., 1986, *An investigation of the sound field above the audience in large lecture halls with scale model*, J. Acoustical Society of America 80 (3), pages 815-827

Kuttruff, Heinrich., 1979, *Room Acoustics*, second edition., Applied Science Publisher Ltd. London

Steeneken, Herman J.M, *TNO Human Factors*, Sosterberg, *The Measurement of Speech Intelligibility*, internet