UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

SKRIPSI

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN *SOUNDBOARD* BIOLA

Nomor Soal : TKM 519T / II / 2006 / 2007 / SBG. / X / 01 / 01.03 / 2007

Disusun oleh :

Noor Rahmad
03/164863/TK/28318

TGA3405

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
2007

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

PENGESAHAN

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Guna memperoleh gelar **SARJANA**
Di Program Studi Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta

Disusun Oleh :

Nama : Noor Rahmad
NIM : 03/28318/TK/28318

Disetujui untuk diuji,
Dosen Pembimbing

Ir. Subagio, M.Sc.
NIP. 130788255

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 29 September 2007



Noor Rahmad

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN DAN TEKNIK INDUSTRI

NASKAH SOAL TUGAS AKHIR

Mata Kuliah	: Getaran dalam Teknik / Akustik
Nama Mahasiswa	: Noor Rahmad
NIM	: 03 / 164863 / TK / 28318
Nomor Soal	: TKM 519 T / II /2006 / 2007 / SBG. / X / 01 / 01.03 / 2007
Dosen Pembimbing	: Ir. Subagio, M.Sc.
Soal Tugas Akhir	:

"PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN *SOUNDBOARD* BIOLA"

Yogyakarta, 1 Maret 2007

Dosen Pembimbing

Ir. Subagio, M.Sc.

NIP. 130 788 255

XV, 145

Jl. Grafika No.2 Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 521673, 902181 Fax. (0274) 521673, 902180 Email:tk-mesin@ugm.ac.id

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

PERSEMBAHAN

"Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan",
(Q.S.Alam Nasyrah : 5)

"Yang penting bagi manusia bukan hasil yang ia dapatkan
tapi apa yang ia inginkan",
(Kahlil Gibran)

Karya kecil ini kupersembahkan untuk :
Ibunda, orang yang paling aku cintai,
Atas segala pengorbanan, kasih sayang dan bimbingan sehingga
Aku menjadi seperti ini.
Ayahanda, orang yang aku sayangi,
Atas semua motivasi yang diberikannya untuk jadi yang terbaik,
Ririn dan Thia, apapun itu kalian adalah bagian dari hidupku.
Keluarga besarku yang senantiasa membesarkan hatiku.
Sahabatku, akan sebenarnya arti sahabat.
Seseorang yang selalu ada dalam hati dan pikiranku
Yang kelak akan menjadi takdirku.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Kayu *spruce* dipercaya sebagai bahan pembuatan *soundboard* biola dan telah diuji sifat-sifat akustiknya. Tetapi saat ini ketersediaannya semakin menipis, sehingga sulit untuk mendapatkannya dan harganyapun cukup mahal. Untuk itu dilakukan penelitian sifat-sifat akustik kayu lokal dari Indonesia untuk menggantikan kayu *spruce*. Kayu akasia, berura, jatilenek, mahoni, pinus, rowo, sengon, sonokembang dan uru dipilih berdasarkan arah serat, tingkat kekerasan, kadar air dan kemiripan fisik dengan kayu *spruce*. Biola dengan *soundboard* kayu *spruce* dan kayu jatilenek juga diteliti untuk membandingkan hasilnya dengan data akustik yang ada dari biola dengan *soundboard* kayu pinus .

Penelitian ini difokuskan untuk menganalisa sifat getaran dari kayu yang meliputi nilai admitan akustik, faktor redaman struktural, efisiensi konversi akustik serta menganalisa sifat getaran pada *soundboard* biola sebagai respon atas bergetarnya senar biola yang meliputi faktor redaman struktural dan spektrum frekuensi.

Dengan memperhatikan hasil yang diperoleh maka kayu pinus, uru dan jatilenek memiliki sifat-sifat akustik yang baik sebagai *soundboard* biola. Ketiga kayu ini memiliki nilai admitan akustik yang tinggi dan faktor redaman yang rendah sehingga efisiensi konversi akustiknya tinggi. Berdasarkan pengujian faktor redaman *top plate* akibat bergetarnya senar-senar biola, maka biola jatilenek-jatilenek memiliki redaman yang rendah dan mendekati biola *spruce-maple* untuk nada G, D dan E. Sedangkan berdasarkan analisa perbandingan spektrum frekuensi maka biola jatilenek-jatilenek memiliki *pitch* dan *timbre* yang mendekati karakteristik biola *spruce-maple* saat senar D, A dan E bergetar.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis mampu menyelesaikan Penelitian Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini dibuat untuk memenuhi syarat kelulusan dalam menempuh jenjang pendidikan kesarjanaan di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.

Penelitian Tugas Akhir ini mengambil judul "Penelitian Admitan Akustik dan Faktor Redaman Kayu Indonesia Sebagai Bahan *Soundboard* Biola". Dengan penelitian ini diharapkan ada kayu lokal dari Indonesia yang memiliki sifat-sifat akustik yang baik sebagai *soundboard* biola, tidak kalah kualitasnya dengan kayu dari Eropa yang selama ini menjadi pilihan sebagai bahan baku pembuatan biola.

Dengan segala keterbatasan tentu saja penulis tidak dapat menyelesaikan Penelitian Tugas Akhir ini sendiri. Banyak pihak telah memberikan sumbangan yang sangat berharga dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Suhanan, DEA. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta..
2. Bapak Ir. Subagio, M.Sc., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
3. Segenap Dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan bekal ilmu bagi penulis.
4. Segenap laboran di Laboratorium Getaran dan Akustik, Laboratorium CNC, Laboratorium Bahan dan Laboratorium Pendingin dan Pemanas Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada yang telah membantu kelancaran penulis dalam melakukan penelitian.
5. Segenap karyawan di lingkungan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada atas segala bantuannya.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6. Ayahanda dan Ibunda yang telah membesarkan, membimbing dan mendidik dengan penuh kasih sayang dan penuh ketulusan.
7. Seluruh rekan di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta angkatan 2003.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu terselesaikannya Penelitian Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Yogyakarta, 29 September 2007

Penulis

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
HALAMAN PERNYATAAN iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR iv
HALAMAN PERSEMBAHAN v
INTISARI vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR NOTASI xiii
DAFTAR LAMPIRAN xv

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah 4
1.4. Tujuan Penelitian 4
1.5. Manfaat Penelitian 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1. Tinjauan Pustaka 6
2.2. Landasan Teori 8
2.2.1. Biola 8
2.2.2. Sifat Akustik Kayu sebagai Bahan Soundboard Biola 10
2.2.3. Getaran Transversal pada Top Plate Biola 12
2.2.4. Faktor Redaman pada Getaran Bebas Teredam 18

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.5. Modulus Elastisitas Kayu dengan Uji Bending..... 22
2.2.6. Admitan Akustik dan Efisiensi Konversi Akustik.....25
BAB III METODE PENELITIAN.....27
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....27
3.2 Bahan dan Alat Penelitian.....27
3.3. Cara Kerja Penelitian..... 37
3.4. Pengolahan Data..... 44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... 45
4.1. Massa Jenis Kayu..... 45
4.2. Modulus Elastisitas Kayu..... 46
4.3. Faktor Redaman Kayu..... 47
4.4. Admitan Akustik Kayu..... 48
4.5. Perbandingan Admitan Akustik dengan Faktor Redaman.....49
4.6. Faktor Redaman *Top Plate* Biola.....51
4.7. Spektrum Frekuensi pada *Top Plate* Biola..... 53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....69
5.1. Kesimpulan..... 69
5.2. Saran..... 70
DAFTAR PUSTAKA.....71

LAMPIRAN.....73

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Konstruksi biola.....9
Gambar 2.2. Teknik pemotongan kayu.....11
Gambar 2.3. *Top Plate* biola.....12
Gambar 2.4. Getaran transversal batang tipis seragam.....13
Gambar 2.5. Mode getaran transversal pelat tipis.....17
Gambar 2.6. Sistem linier dengan satu derajat kebebasan.....18
Gambar 2.7. Penurunan logaritmik.....21
Gambar 2.8. Deformasi batang yang mengalami uji bending.....22
Gambar 2.9. Defleksi batang pada uji bending tiga titik.....24
Gambar 3.1. Kayu yang diuji (spesimen B).....28
Gambar 3.2. Kotak pengering kayu.....30
Gambar 3.3. Oven.....31
Gambar 3.4. *Protimeter*.....31
Gambar 3.5. Alat penimbang massa digital.....32
Gambar 3.6. Alat penimbang spesimen B.....32
Gambar 3.7. Alat uji bending.....33
Gambar 3.8. Alat ukur defleksi.....33
Gambar 3.9. Tumpuan.....34
Gambar 3.10. *Guitar Tuner* Kromatik.....34
Gambar 3.11. *Signal Analyzer*.....35
Gambar 3.12. *Accelerometer* (Bruel & Kjaer Type 4397).....36
Gambar 3.13. *Charge Amplifier* (Bruel & Kjaer Type 2635).....36
Gambar 3.14. Uji Bending (DIN52186).....40
Gambar 3.15. Set pengukuran frekuensi alami.....41
Gambar 3.16. Skema susunan alat pengukur faktor redaman.....42
Gambar 4.1. Massa jenis rata-rata kayu.....45

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.2. Perbandingan modulus elastisitas kayu.....46
Gambar 4.3. Perbandingan faktor redaman kayu.....47
Gambar 4.4. Perbandingan admitan akustik kayu..... 48
Gambar 4.5. Grafik perbandingan admitan akustik dengan faktor redaman..... 49
Gambar 4.6. Faktor redaman *top plate* akibat bergetarnya senar G..... 51
Gambar 4.7. Faktor redaman *top plate* akibat bergetarnya senar D..... 52
Gambar 4.8. Faktor redaman *top plate* akibat bergetarnya senar A..... 52
Gambar 4.9. Faktor redaman *top plate* akibat bergetarnya senar E.....53
Gambar 4.10. Spektrum frekuensi *top plate* biola SM akibat getaran senar G..... 54
Gambar 4.11. Spektrum frekuensi *top plate* biola JJ akibat getaran senar G..... 54
Gambar 4.12. Spektrum frekuensi *top plate* biola PP akibat getaran senar G.....54
Gambar 4.13. Spektrum frekuensi *top plate* biola PM akibat getaran senar G..... 54
Gambar 4.14. Spektrum frekuensi *top plate* biola SM akibat getaran senar D..... 56
Gambar 4.15. Spektrum frekuensi *top plate* biola JJ akibat getaran senar D..... 56
Gambar 4.16. Spektrum frekuensi *top plate* biola PP akibat getaran senar D.....56
Gambar 4.17. Spektrum frekuensi *top plate* biola PM akibat getaran senar D..... 56
Gambar 4.18. Spektrum frekuensi *top plate* biola SM akibat getaran senar A..... 58
Gambar 4.19. Spektrum frekuensi *top plate* biola JJ akibat getaran senar A..... 58
Gambar 4.20. Spektrum frekuensi *top plate* biola PP akibat getaran senar A.....58
Gambar 4.21. Spektrum frekuensi *top plate* biola PM akibat getaran senar A..... 58
Gambar 4.22. Spektrum frekuensi *top plate* biola SM akibat getaran senar E.....60
Gambar 4.23. Spektrum frekuensi *top plate* biola JJ akibat getaran senar E..... 60
Gambar 4.24. Spektrum frekuensi *top plate* biola PP akibat getaran senar E..... 60
Gambar 4.25. Spektrum frekuensi *top plate* biola PM akibat getaran senar E..... 60
Gambar 4.26. Perbandingan spektrum frekuensi saat senar G dipetik..... 61
Gambar 4.27. Perbandingan spektrum frekuensi saat senar D dipetik..... 62
Gambar 4.28. Perbandingan spektrum frekuensi saat senar A dipetik..... 62
Gambar 4.29. Perbandingan spektrum frekuensi saat senar E dipetik.....62

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A = Konstanta

A(x) = Luasan melintang batang arah x, m^2

B = Konstanta

C = Konstanta

Cc = Koefisien redaman kritis, kg.rad/s

b = lebar penampang batang, m

c = Cepat rambat bunyi, m/s, koefisien redaman, kg.rad/s

D = Kekakuan fleksural pelat

d = Diferensial; tebal pelat, m

E = Modulus elastisitas, GN/m^2

e = Bilangan natural

F = Gaya yang bekerja pada elemen kecil batang

F_d = Gaya redaman, N

f = Frekuensi, Hertz

h = tinggi penampang batang, m

I = Momen Inersia, m^4

JJ = Biola jatilenek-jatilenek

k = Konstanta pegas, N/m

l = Panjang batang, m

M = Momen, Nm

m = Massa, kg; variabel

n = Variabel

P = Gaya, kN

PP = Biola pinus-pinus

PM = Biola pinus-mahoni

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

R_A = Gaya reaksi pada tumpuan A, kN

R_C = Gaya reaksi pada tumpuan C, kN

SM = Biola *spruce-maple*

s = Konstanta

t = Variabel waktu, s

X = Konstanta

x = Variabel posisi, m

y = Variabel posisi, m

z = Variabel posisi, m

α = konstanta

σ_s = Tegangan ke arah x, N/m

ζ = Fakor redaman

∂ = Diferensial parsial

δ = Penurunan logaritmik

ρ = Massa jenis, kg/m^3, radius kurva lengkung, m

$\int$ = Integral

θ = Sudut kemiringan, slope, ^{o}

ν = Defleksi, m; rasio poisson's

ω = Frekuensi angular, rad/s

ϕ = Sudut, ^{o}

τd = Periode redaman

π = Konstanta = 3,14

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel-tabel Tinjauan Pustaka..... 73
Lampiran 2. Data hasil penelitian massa jenis kayu..... 77
Lampiran 3. Data hasil penelitian modulus elastisitas kayu 83
Lampiran 4. Data hasil penelitian faktor redaman kayu..... 92
Lampiran 5. Data hasil penelitian spektrum frekuensi kayu..... 130
Lampiran 6. Data hasil perhitungan admitan akustik kayu..... 135
Lampiran 7. Data hasil penelitian faktor redaman struktural biola..... 138
Lampiran 8. Data hasil penelitian spektrum frekuensi biola..... 144

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kemajuan teknologi telah mempengaruhi perkembangan alat musik, temasuk biola. Hampir semua alat musik dikembangkan menjadi alat musik elektronik. Akhir-akhir ini telah muncul biola dalam versi elektronik. Alat-alat musik ini baru bisa berfungsi ketika disambungkan ke sumber listrik, dimana komponen utamanya adalah senar dan perangkat elektronik semacam *transducer* atau yang lebih dikenal dengan *pick-up* akan merubah getaran dari senar menjadi gelombang bunyi melalui *amplifier*.

Namun demikian, tidak berarti biola klasik yang murni dari kayu (kita sebut biola saja) ditinggalkan penggemarnya. Hingga sekarang biola masih dijadikan sebagai alat musik utama oleh banyak musisi dalam berkreasi dan mementaskan karya musiknya seperti pada orkestra. Biola memiliki karakter suara yang khas dan alami yang sulit disamai oleh alat musik elektronik. Komponen utama dari alat musik klasik tersebut adalah kayu sebagai *soundboard* dan senar sebagai sumber getaran

Kayu sudah digunakan sejak lama sebagai bahan baku instrumen musik klasik. Dengan perkembangan teknologi, beberapa instrumen musik mengalami perubahan bentuk dan beberapa bagian dari instrumen yang terbuat dari kayu mulai digantikan dengan material lain. Akan tetapi penggunaan kayu masih dipertahankan sebagai komponen utama yaitu *soundboard* dari instrumen musik berdawai seperti piano, biola dan gitar. Pemilihan bahan dari *soundboard* sangat penting untuk menghasilkan instrumen yang berkualitas, disamping mudah dalam konstruksi, ringan dan visualisasi yang bagus.

Berdasarkan kebiasaan secara turun-temurun, para pembuat biola menggunakan jenis kayu tertentu yang dipercaya baik untuk pembuatan *soundboard* . Selama 300 tahun kayu Spruce dari genus *Picea* dipakai sebagai *top plate* dari biola dan *soundboard* dari piano, sedangkan sebagai bahan pembuatan *back plate* biola

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

menggunakan kayu *maple* atau *sycamore*. *Ribs, neck, bridge* dan *purfling* dibuat dari kayu *maple*, *bassbar* dan *soundpost* dibuat dari kayu *spruce* atau pinus, *fingerboard, saddle* dan *nut* dari kayu *ebony* serta *pegs* dari kayu *rosewood* atau *ebony*. Karena pembuatan biola mengalami perkembangan pesat di daerah Eropa, maka kayu-kayu yang digunakan kebanyakan tumbuh di daearah Eropa yang beriklim subtropis. Kayu yang cocok untuk membuat biola dipercaya berasal dari tanaman yang tumbuh di daerah yang tinggi dan tahan kondisi lingkungan yang buruk seperti udara dingin dan tanah yang gersang.

Karena semakin menipisnya ketersediaan kayu-kayu dari Eropa dan mahalnya harga yang harus dibayar untuk memperoleh kayu tersebut, banyak para pengrajin instrumen musik Indonesia yang mencoba memakai kayu lokal. Hal ini mereka lakukan karena mudah mendapatkan bahan yang murah dan biola yang dijual mampu dijangkau sebagian besar konsumen.

Berdasarkan laporan dari WWF (World Wild Federation), luas kawasan hutan di Indonesia adalah 104,99 juta hektar, dimana sebagian besar terdapat di Pulau Sumatra, Kalimantan dan Sulawesi. 4000 jenis spesies pohon tumbuh di hutan tropis Indonesia dengan diameter batang mencapai 40 cm lebih. Dari 400 jenis tersebut, 295 jenis diantaranya sudah dikenal dalam perdagangan dan dikelompokkan menjadi 120 jenis kayu perdagangan. Namun pada kenyataannya masih sangat sedikit yang dimanfaatkan untuk instrumen musik.

Jenis-jenis kayu lokal yang digunakan sebagai bahan instrumen musik oleh pengrajin di Indonesia antara lain adalah sonokeling, akasia, uru, nangka, duren, ki pait, mahoni, sengon, pinus, rowo, jatilenek dan berura. Berdasarkan kebiasaan, pengrajin instrumen musik di Indonesia dalam melakukan pemilihan bahan hanya mengandalkan intuisi dan pengalaman sehingga boleh dikatakan kualitas kayu yang digunakan belum teruji secara ilmiah. Sementara itu, data akustik dari parameter kayu sebagai bahan untuk instrumen musik dari kayu-kayu tropis di Indonesia belum tersedia secara lengkap. Padahal parameter tersebut mutlak diperlukan dalam

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

pemilihan material untuk mendapatkan kualitas instrumen musik yang baik maupun untuk tujuan penggunaan lain yang berhubungan dengan akustik dan getaran. Berdasarkan hal ini, penulis merasa tertarik untuk melakukan penelitian terhadap sifat-sifat akustik beberapa jenis kayu Indonesia yang nantinya digunakan sebagai bahan pembuatan instrumen musik khususnya *soundboard* biola.

Untuk mengetahui jenis kayu tropis Indonesia yang memenuhi kualitas sebagai bahan pembuatan *soundboard* biola, maka penulis melakukan penelitian sifat-sifat akustik kayu yang terdiri dari kayu akasia, berura, jatilenek, mahoni, pinus, rowo, sengon, sonokembang dan uru. Sebagai pembanding dipilih kayu *spruce*. Dalam penelitian ini juga dilakukan perbandingan faktor redaman dan spektrum frekuensi antara biola dengan *top plate* kayu *spruce* dan *back plate* kayu *maple*, biola dengan *top plate* dan *back* plate kayu jatilenek, biola dengan *top plate* dan *back plate* kayu pinus, serta biola dengan *top plate* kayu pinus dan *back plate* kayu mahoni.

1.2. Rumusan Masalah

Kayu *spruce* dan *maple* dari daratan Eropa sudah lama dipercaya sebagai bahan pembuatan biola dan telah diuji sifat-sifat akustiknya oleh beberapa peneliti. Tetapi saat ini ketersediaannya semakin menipis, sehingga sulit untuk mendapatkannya dan harganyapun cukup mahal. Hal ini dirasakan oleh pembuat biola di Indonesia, sehingga banyak dari pembuat biola yang menggunakan kayu lokal dengan mengandalkan intuisi, permintaan konsumen atau pengalaman mereka. Oleh karena itu kualitas akustik kayu tersebut belum teruji secara ilmiah. Sementara itu, data akustik dari parameter kayu sebagai bahan untuk instrumen musik untuk kayu-kayu tropis di Indonesia belum tersedia secara lengkap. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian sifat-sifat akustik kayu Indonesia, sehingga akan diperoleh data sifat akustik kayu Indonesia yang memiliki kualitas yang sama atau mendekati kayu Eropa sebagai bahan pembuatan biola.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1.3. Asumsi dan Batasan Masalah

Dalam penelitian ini beberapa asumsi dan batasan diambil agar penelitian lebih terarah. Asumsi dan batasan yang diambil adalah :

a. Komponen utama dari biola yang diteliti adalah *soundboard / top plate* (pelat atas).
b. *Soundboard* diasumsikan sebagai pelat kayu tipis yang datar (sebenarnya agak cembung), *uniform* dan homogen.
c. Getaran yang terjadi pada pelat tipis adalah getaran transversal dengan simpangan cukup kecil.
d. Kayu lokal yang digunakan sebagai bahan penelitian meliputi kayu akasia, berura, jatilenek, mahoni, pinus, rowo, sengon, sonokembang, uru. Kayu akasia, mahoni, pinus, rowo, sengon dan sonokembang berasal dari Pulau Jawa, kayu uru dari Pulau Kalimantan serta kayu berura dan jatilenek dari Pulau Lombok. Sebagai pembanding digunakan kayu *spruce* dari Eropa.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

a. Mengetahui sifat-sifat akustik kayu yang meliputi admitan akustik, faktor redaman dan efisiensi konversi akustik dari kayu akasia, berura, jatilenek, mahoni, pinus, rowo, sengon, sonokembang, uru dan *spruce*.
b. Mengetahui kelayakan kayu akasia, berura, jatilenek, mahoni, pinus, rowo, sengon, sonokembang dan uru sebagai bahan pembuatan *soundboard (top plate)* biola.
c. Mengetahui spektrum frekuensi dan besarnya faktor redaman pada *top plate* biola dari kayu Eropa (*spruce*) dan kayu Indonesia (pinus dan jatilenek) sebagai respon atas bergetarnya senar biola.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memiliki manfaat untuk :

a. Menyediakan data sifat-sifat akustik kayu-kayu Indonesia untuk berbagai penggunaan, khususnya untuk instrumen musik.
b. Meyakinkan para musisi dan pembuat biola bahwa kayu–kayu Indonesia berpotensi sebagai bahan pembuatan biola yang berkualitas.
c. Sebagai pengembangan penelitian dibidang akustik dan membuka peluang penelitian lebih lanjut.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Yano dkk (1997) telah meneliti sifat-sifat akustik kayu yang digunakan dalam berbagai instrumen musik berdawai seperti biola, gitar, dan piano. Mereka juga telah mengklarifikasikan sifat-sifat akustik kayu sebagai *soundboard* dan menjelaskan mekanisme pengukurannya, menemukan perlakuan kimia yang efektif dalam memperbaiki sifat-sifat akustik kayu, serta berhasil mengubah sifat-sifat akustik dari kayu *Japanese cedar* sehingga dapat digunakan untuk menggantikan *Brazilian rosewood* yang selama ini diakui sebagai bahan terbaik untuk pelat belakang gitar. Beberapa kayu yang diakui di dunia sebagai bahan-bahan terbaik untuk pelat depan maupun belakang gitar (*Brazilian rosewood, Indian rosewood, German spruce* dan *Western red cedar*) telah mereka teliti sifat-sifat akustiknya (Lampiran 1. Tabel 2.1).

Bretos dkk (1999) mempelajari perilaku getaran pada biola dengan metode *finite-element*. Mereka menganalisa pelat biola yang bergetar bebas dan proses *tuning*nya, menggambarkan pola getarannya, memodelkan badan biola dan menghitung sepuluh eigenmode pertamanya. Pola-pola getaran dan frekuensi respon dibandingkan dengan hasil eksperimen yang telah dilakukan para peneliti lain.

Haines (2000) telah melakukan penelitian sifat-sifat akustik dan mekanik dari kayu *spruce, maple(czech), cedar(red), mahogany(khaya), Indian* dan *brazilian rosewood* yang meliputi massa jenis, modulus elastisitas dan *internal friction*. Hasilnya dapat dilihat pada lampiran 1(Tabel 2.2, 2.3, dan 2.4).

Muller dkk (2001) meneliti sifat akustik mikroskopis kayu *norway spruce* yang digunakan pada biola dan piano dengan variasi lingkaran tahun. Dengan metode *micro-scanning* didapatkan bahwa kayu *spruce* bervariasi modulus elastisitas dan massa jenisnya dari lingkaran tahun muda hingga tua. Hasilnya

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

tidak ada hubungan khusus antara cepat rambat bunyi dengan variasi lingkaran tahun.

Bucur dkk (2002) meneliti sifat mekanis dari kayu (*orthotropic solid*) dengan metode ultrasonik untuk menggambarkan respon getaran dalam tiga dimensi. Variasi bentuk gelombang dipropagasikan ke bagian dalam maupun bagian permukaan kayu. Hasilnya fenomena propagasi dari tiap-tiap jenis kayu berbeda tergantung aspek dinamis dari perpindahan partikel akibat gelombang ultrasonik yang dipancarkan.

John dan Dhony (2004) meneliti tentang sifat-sifat getaran dan akustik pada biola yang terbuat dari kayu Indonesia yakni biola dengan *top plate* dari kayu pinus dan *back plate* dari kayu mahoni dan biola dengan *top plate* dari kayu pinus dan *back plate* dari kayu pinus. Hasil yang diperoleh adalah biola dengan bahan kayu pinus-mahoni lebih baik daripada biola pinus-pinus dari segi getaran maupun akustiknya.

Subagio (2005) meneliti tentang sifat-sifat akustik dari kayu-kayu Indonesia yang terdiri dari kayu Mindi, Mahoni, Bangkirai, Sengon, Jelutung, Akasia, Pinus, Sonokeling, Waru Gunung dan Sonokembang untuk digunakan sebagai bahan *top plate* gitar pengganti kayu *spruce*. Hasil yang diperoleh adalah kayu pinus dan sengon memiliki sifat-sifat akustik yang paling mendekati karakteristik kayu *spruce*, tetapi kayu pinus memiliki serat kayu yang baik dibandingkan dengan kayu sengon (Lampiran 1. Tabel 2.5).

Ulrike (2006) mempelajari keunikan sifat mekanis dan akustik kayu yang dipakai untuk instrument musik. Ia juga mem-*plot* satu sama lain sifat-sifat akustik kayu seperti cepat rambat bunyi, karakteristik impedan, koefisien radiasi bunyi dan *loss coefficient,* serta menganalisa dan menjelaskan mengapa *spruce* dipilih sebagai *soundboard*, kayu tropis digunakan untuk xylophone, *pernambuco* untuk penggesek biola dan *hornbeam* serta *birch* digunakan untuk piano.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Noyce (2007) meneliti sifat-sifat fisik kayu untuk instrumen musik dan *pitch* (frekuensi dasar) dari 40 jenis kayu di dunia dengan *strobe tuner*. Dengan mengunakan dimensi pelat kayu yang rasional diperoleh hubungan antara frekuensi dan cepat rambat bunyi serta diketahui nilai *acoustical admittance* dari pelat kayu (Lampiran 1. Tabel 2.6).

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah disebutkan diatas, maka penulis tertarik untuk meneliti sifat-sifat akustik dari kayu akasia, berura, jatilenek, mahoni, pinus, rowo, sengon, sonokembang dan uru. Sifat-sifat akustik yang akan diteliti meliputi admitan akustik sebagai perbandingan modulus elastisitas dengan massa jenis, faktor redaman dan efisiensi konversi akustiknya. Dalam penelitian ini juga dilakukan perbandingan faktor redaman dan spektrum frekuensi antara biola dengan *top plate* kayu *spruce* dan *back plate* kayu *maple*, biola dengan *top plate* dan *back* plate kayu jatilenek, biola dengan *top plate* dan *back plate* kayu pinus, serta biola dengan *top plate* kayu pinus dan *back plate* kayu mahoni.

2.2. Landasan Teori

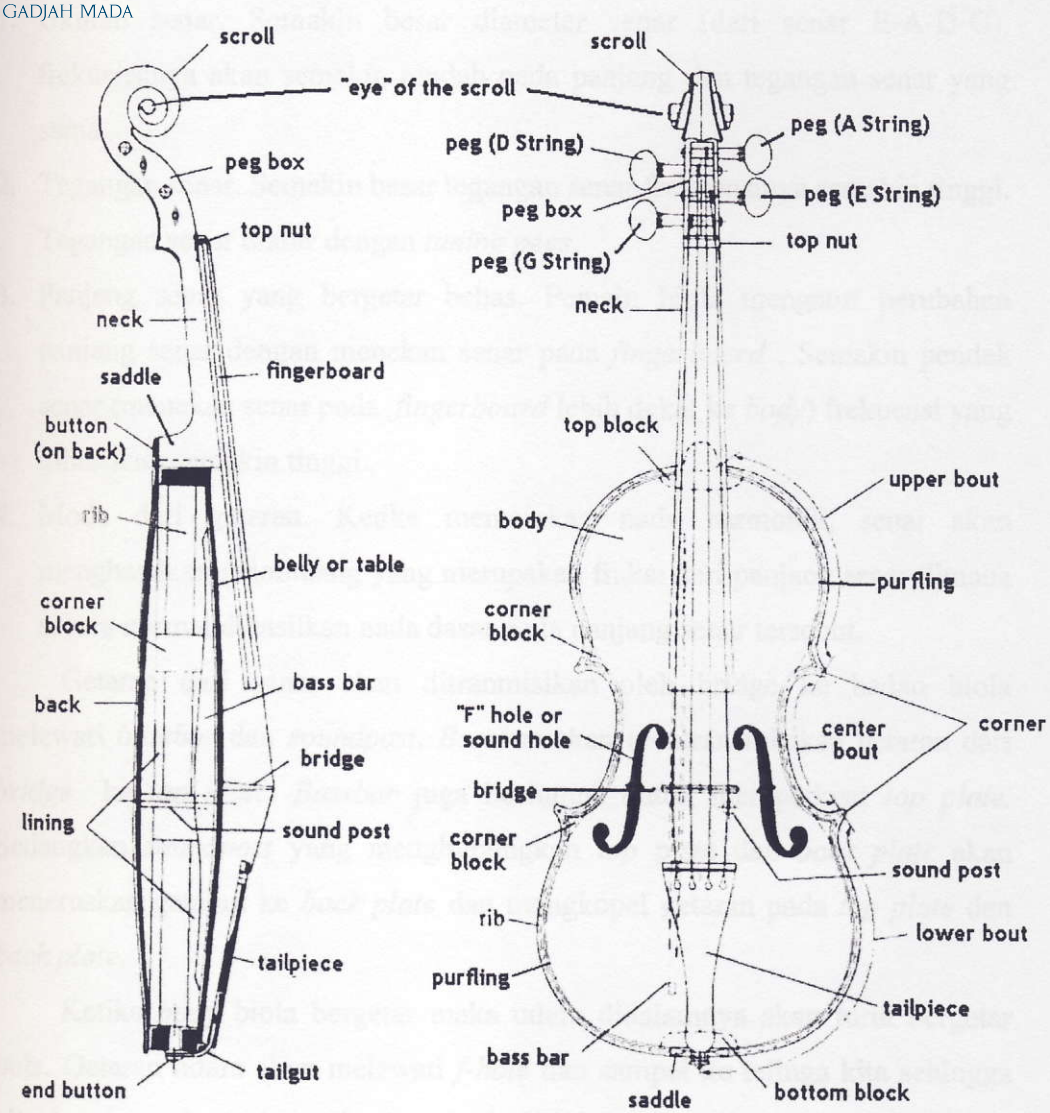
2.2.1. Biola

Sebuah biola dapat dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu :

1. Badan biola atau *corpus*. Terdiri dari *soundboard / top plate (belly), ribs, block, back plate* dan udara didalamnya.
2. Penguat akustik. Terdiri dari 2 buah *f-hole*, *bassbar* dan *soundpost.*
3. Senar dan peralatan pendukung senar seperti *neck, tuning pegs, nut, bridge, dan tailpiece.*

Konstruksi biola dapat dilihat pada gambar 2.1.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 2.1. Konstruksi biola.

Biola akan menghasilkan bunyi melalui beberapa tahapan. Senar biola akan bergetar ketika dipetik atau digesek. Frekuensi getaran dari senar tergantung pada empat hal, yaitu :

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1. Ukuran senar. Semakin besar diameter senar (dari senar E-A-D-G), frekuensinya akan semakin rendah pada panjang dan tegangan senar yang sama.
2. Tegangan senar. Semakin besar tegangan senar frekuensinya semakin tinggi. Tegangan senar diatur dengan *tuning pegs*.
3. Panjang senar yang bergetar bebas. Pemain biola mengatur perubahan panjang senar dengan menekan senar pada *fingerboard* . Semakin pendek senar (menekan senar pada *fingerboard* lebih dekat ke *body*) frekuensi yang dihasilkan semakin tinggi..
4. Mode dari getaran. Ketika memainkan nada harmonik, senar akan menghasilkan gelombang yang merupakan fraksi dari panjang senar dimana secara normal dihasilkan nada dasar pada panjang senar tersebut.

Getaran dari senar akan ditranmisikan oleh bridge ke badan biola melewati *bassbar* dan *soundpost*. *Bassbar* akan mentransmisikan getaran dari *bridge* ke *top plate*. *Bassbar* juga berfungsi untuk memperkuat *top plate.* Sedangkan *soundpost* yang menghubungkan *top* plate dan *back plate* akan meneruskan getaran ke *back plate* dan mengkopel getaran pada *top plate* dan *back plate*.

Ketika *body* biola bergetar maka udara didalamnya akan turut bergetar pula. Getaran udara akan melewati *f-hole* dan sampai ke telinga kita sehingga kita dapat mendengarkan sebuah nada dari biola.

2.2.2. Sifat Akustik Kayu sebagai Bahan *Soundboard* Biola

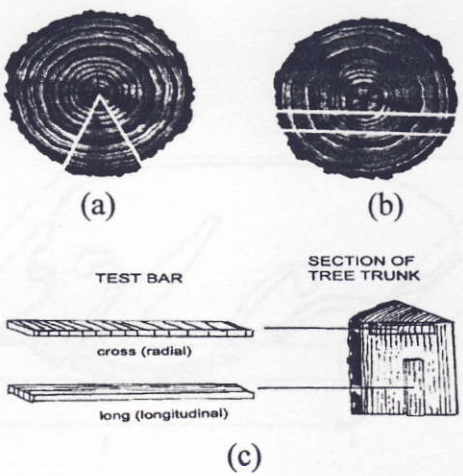
Kayu yang biasa digunakan sebagai bahan pembuatan biola adalah kayu *spruce* (kayu lunak) untuk *soundboard* atau *belly* atau *top plate*. Jenis kayu *spruce* yang dipakai adalah *Picea Abis* atau *Picea Excelsa*, semacam pohon cemara.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Persyaratan akustik dari *top plate* (*soundboard*) dari biola adalah memiliki modulus elastisitas (E) yang tinggi dibandingkan dengan massa jenis (ρ) yang rendah, dengan kata lain memiliki modulus elastisitas spesifik (E / ρ) yang tinggi. Selain itu kayu sebagai *top plate* juga harus memiliki *internal friction* (Q^{-1}) atau faktor redaman (ζ) yang rendah. (Ono dan Norimoto, 1983). Karakteristik ini telah diperkenalkan dalam pemilihan kayu sebagai *top plate* untuk mendapatkan biola yang berkualitas. (Yano dkk, 1992).

Proses pengolahan kayu yang meliputi pemotongan, penyimpanan, pengeringan dan pengawetan merupakan faktor penting untuk mendapatkan sifat-sifat akustik bahan baku biola yang berkualitas.

Pemotongan kayu dari batang menjadi papan ada dua cara, yaitu *slab-cut* dan *quarter-cut* seperti terlihat pada gambar 2.2. Pemotongan *quarter-cut* lebih baik daripada *slab-cut* karena bagian kayu yang dapat dimanfaatkan untuk *soundboard* lebih banyak. Sedangkan *soundboard* yang dipotong dengan arah serat longitudinal memiliki modulus elastisitas lebih besar dan redaman yang rendah dibandingkan pemotongan dengan arah serat radial.



Gambar 2.2. (a) *Quarter-cut,* (b) *Slab-cut, (c)* pemotongan bar berdasarkan arah serat.

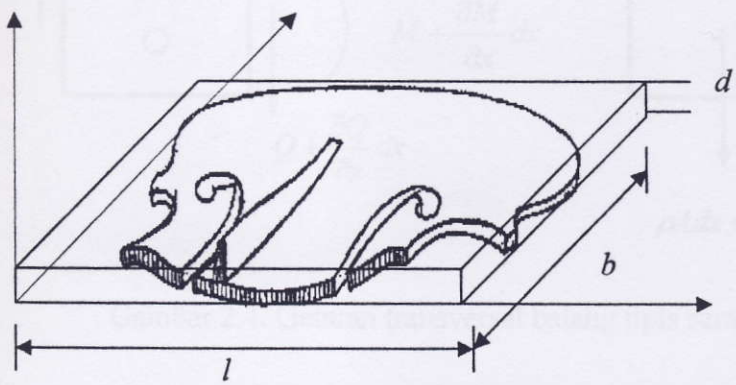
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Kayu sebagai *soundboard* biola harus cukup kering sehingga tidak mengalami pengembangan maupun penyusutan, kalaupun terjadi sangat kecil dan tidak merusak elemen *soundboard* secara keseluruhan. Kadar air kayu yang aman adalah kadar air kering udara, untuk Indonesia sekitar 15 % - 20 %.

Pengeringan kayu dapat dilakukan dengan cara alami yaitu dengan menggunakan tenaga alam/udara (matahari) maupun dengan menggunakan kiln/tanur pengering. Manfaat melakukan pengeringan kayu adalah:

1. Menjamin kestabilan dimensi kayu.
2. Menambah kekuatan kayu, makin rendah kadar air kayu akan semakin kuat kayu tersebut (modulus elastisitas lebih tinggi).
3. Membuat kayu menjadi ringan.
4. Memudahkan pengerjaan selanjutnya.
5. Mencegah serangan jamur dan bubuk kayu, karena organisme tersebut pada umumnya tidak dapat hidup di bawah kadar air ± 20 %.

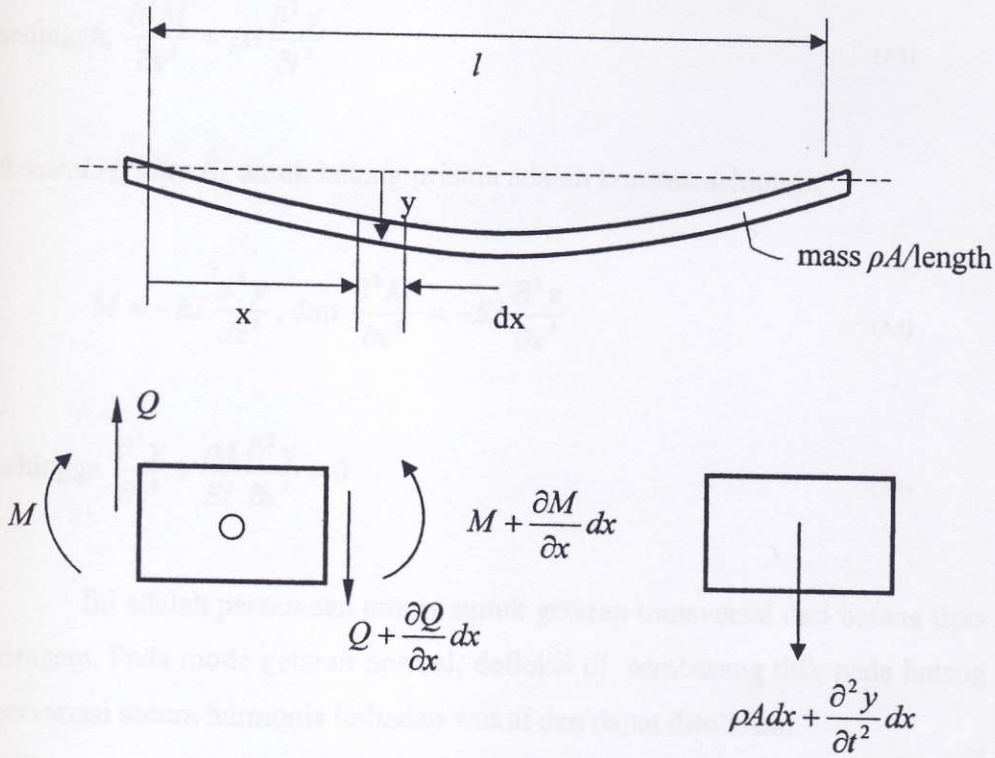
2.2.3. Getaran Transversal pada *Top Plate* Biola.



Gambar 2.3. *Top Plate* biola.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Nobi Rahmadi Ir. Subagio, M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Top plate biola merupakan sebuah pelat tipis yang tidak seragam (*non-uniform*). Analisis getaran pada *top plate* sangat kompleks karena pelat merupakan benda dua dimensi yang getarannya bersifat *multi*-dimensional. Untuk mempermudah analisa maka pelat tipis diasumsikan seragam, homogen dan isotropis. Salah satu cara untuk menentukan frekuensi dasar dari sebuah pelat tipis yang seragam adalah dengan pendekatan getaran transversal pada batang tipis yang seragam. Misalkan momen dan gaya yang bekerja pada elemen batang seperti ditunjukkan gambar 2.8. Batang mempunyai luas permukaan potong A, *flexural rigidity* EI, dan massa jenis ρ.



Gambar 2.4. Getaran transversal batang tipis seragam.

Untuk elemen dx, dengan mengabaikan gaya inersia dan gaya geser, momen dititik O adalah

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir., Subagio, M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

$$M + Q\frac{dx}{2} + Q\frac{dx}{2} + \frac{\partial Q}{\partial x}dx\frac{dx}{2} = M + \frac{\partial M}{\partial x}dx \tag{2.1}$$

sehingga, $Q = \frac{\partial M}{\partial x}$ (2.2)

Dengan menjumlahkan gaya-gaya pada arah y diperoleh

$$\frac{\partial Q}{\partial x}dx = \rho A dx \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \tag{2.3}$$

sehingga, $\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} = \rho A \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$ (2.4)

flexural rigidity EI untuk batang prisma adalah konstan sehingga,

$$M = -EI\frac{d^2 y}{dx^2}, \text{ dan } \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} = -EI\frac{\partial^4 y}{\partial x^4} \tag{2.5}$$

sehingga $\frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \frac{\rho A}{EI}\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0$ (2.6)

Ini adalah persamaan umum untuk getaran transversal dari batang tipis seragam. Pada mode getaran normal, defleksi di sembarang titik pada batang bervariasi secara harmonis terhadap waktu dan dapat dituliskan

$$y = X(B_1 \sin \omega t + B_2 \cos \omega t) \tag{2.7}$$

dimana X adalah fungsi dari x yang menggambarkan bentuk batang dari mode getaran normal.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Sehingga $\frac{d^4X}{dx^4} = \frac{\rho A}{EI}\omega^2 X = \lambda^4 X$ (2.8)

dimana $\lambda^4 = \rho A \omega^2 / EI$

Solusi umum untuk persamaan batang adalah

$$X = C_1 \cos \lambda x + C_2 \sin \lambda x + C_3 \cosh \lambda x + C_4 \sinh \lambda x \quad (2.9)$$

dimana konstanta-konstanta $C_{1,2,3,4}$ diperoleh dari kondisi batas. Untuk batang dengan panjang l dan ditumpu pada kedua ujungnya, kondisi batasnya adalah $X = 0$ dan $d^2X/dx^2 = 0$ pada $x = 0$ dan $x = l$. Sehingga diperoleh konstanta-konstanta

$$C_1 = C_3 = C_4 = 0 \text{ dan } X_2 = C_2 \sin \lambda l$$

Dan solusi untuk $\sin \lambda l = 0$ memberikan frekuensi natural yaitu pada

$$\lambda = 0, \frac{\pi}{l}, \frac{2\pi}{l}, \frac{3\pi}{l}, \ldots$$

sehingga $$\omega = 0, \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 \sqrt{\frac{EI}{A\rho}}, \left(\frac{2\pi}{l}\right)^2 \sqrt{\frac{EI}{A\rho}}, \left(\frac{3\pi}{l}\right)^2 \sqrt{\frac{EI}{A\rho}}, \ldots \text{rad/s} \quad (2.10)$$

Solusi umum untuk bermacam-macam tumpuan menghasilkan persamaan frekuensi,

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

$$\omega = \frac{\alpha}{l^2}\sqrt{EI/A\rho}\ \text{rad/s} \qquad (2.11)$$

untuk kondisi ujung batang *free-free* untuk frekuensi dasar (mode 1) konstanta $\alpha = 22{,}4$ sehingga persamaan frekuensi dasar menjadi

$$\omega = \frac{22{,}4}{l^2}\sqrt{EI/A\rho}\ \text{rad/s dan}\ f = \frac{22{,}4}{2\pi l^2}\sqrt{EI/A\rho}\ \text{Hz} \qquad (2.12)$$

Untuk batang atau pelat dengan aspek rasio (*b/d*) besar, diasumsikan potongan melintang batang tidak mengalami distorsi. Maka pelat atau batang dengan panjang *l*, lebar *b*, tebal *d* , momen inersia $I = bd^3/12$ dan $A = bd$, diperoleh

$$f = \frac{22{,}4}{2\pi l^2}\sqrt{Ed^2/12\rho} \qquad (2.13)$$

Untuk pelat dengan ukuran panjang 288mm, lebar 34,8mm dan tebal 8mm (Noyce, 2007), persamaan frekuensi dasar menjadi

$$f = 0{,}09926\sqrt{E/\rho}\ \text{atau}$$

$$f \cong \frac{c}{10}\ \text{atau}\ \ c = 10f \qquad (2.14)$$

dimana $\sqrt{E/\rho} = c$ (cepat rambat bunyi arah longitudinal)

Sedangkan persamaan defleksi untuk pelat yang *fix* tiap sisinya adalah,

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

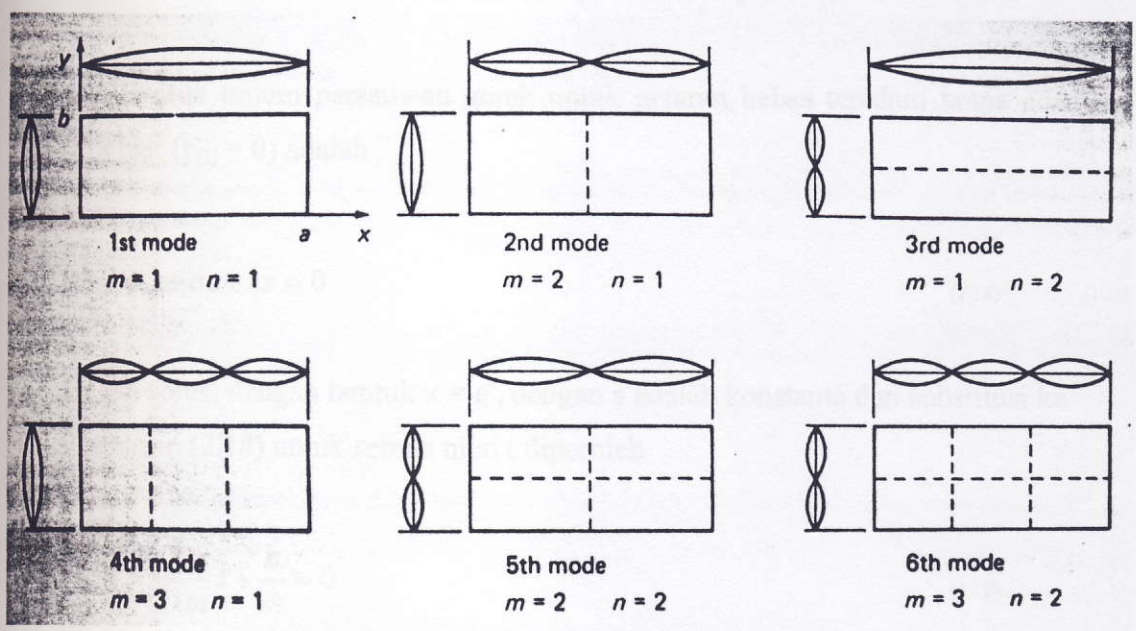
$$v = \phi \sin m\pi \frac{x}{l} . \sin n\pi \frac{y}{b} \tag{2.15}$$

dimana Φ adalah gerak harmonis sederhana

$$\phi = A \sin \omega_{mn} t + B \cos \omega_{mn} t \tag{2.16}$$

dengan $\omega_{mn} = \pi^2 \sqrt{\frac{D}{\rho h}} \left(\frac{m^2}{l^2} + \frac{n^2}{b^2} \right)$ rad/s (2.17)

Gambar 2.5. menunjukkan enam mode pertama dari getaran pelat tipis yang ditumpu pada setiap tepinya

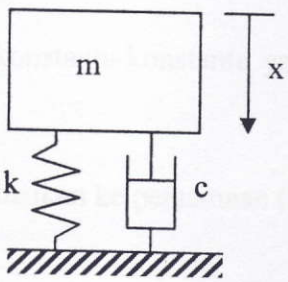


Gambar 2.5. Mode getaran transversal pelat tipis.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.4. Faktor Redaman pada Getaran Bebas Teredam karena Kekentalan

Elemen kecil pelat kayu yang bergetar dengan simpangan kecil secara sederhana dapat digambarkan sebagai massa yang mempunyai pegas (elastisitas) dan redaman (*internal friction*). Bila sistem linier dengan satu derajat kebebasan ini dirangsang, maka responnya akan tergantung pada jenis rangsangan dan redaman yang ada.



Gambar 2.6. Sistem linier dengan satu derajat kebebasan.

Bentuk umum persamaan gerak untuk getaran bebas teredam tanpa ada gaya luar ($F_{(t)} = 0$) adalah

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0 \qquad (2.18)$$

dengan solusi dengan bentuk $x = e^s$, dengan s adalah konstanta dan substitusi ke persamaan (2.18) untuk semua nilai t diperoleh

$$s^2 + \frac{c}{m}s + \frac{k}{m} = 0 \qquad (2.19)$$

Persamaan (2.19) yang dikenal sebagai persamaan karakteristik mempunyai dua akar yaitu

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

$$s_{1,2} = -\frac{c}{2m} \pm \sqrt{\left(\frac{c}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m}} \qquad (2.20)$$

Jadi, solusi umum diberikan oleh persamaan

$$x = Ae^{s1t} + Be^{s2t} \qquad (2.21)$$

dengan A dan B adalah konstanta-konstanta yang harus dihitung dari kondisi awal x(0) dan $\dot{x}(0)$.

Persamaan (2.20) disubstitusikan ke persamaan (2.21) menghasilkan

$$x = e^{-\left(c/2m\right)t}\left(Ae^{\sqrt{\left(\frac{c}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m}}t} + Be^{-\sqrt{\left(\frac{c}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m}}t} \right) \qquad (2.22)$$

Suku pertama $e^{-\left(\frac{c}{2m}\right)t}$ adalah fungsi waktu yang meluruh (decaying) secara eksponensial. Tetapi sifat suku-suku dalam kurung tergantung pada nilai numerik didalam akar, jika :

1. Positif, keadaan ini disebut *overdamped* (banyak teredam)
2. Negatif, keadaan ini disebut *underdamped* (kurang teredam)
3. Nol, keadaan ini disebut redaman kritis

Persamaan untuk redaman kritis (Cc) adalah

$$Cc = 2\sqrt{km} = 2m\omega_n \qquad (2.23)$$

Nilai suatu redaman biasanya dinyatakan dalam redaman kritis oleh rasio nondimensional yang disebut dengan faktor redaman (ζ) ditunjukkan oleh

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

$$\zeta = \frac{C}{Cc} \tag{2.24}$$

Sehingga persamaan (2.20) menjadi

$$s_{1,2} = \left(-\zeta \pm \sqrt{\zeta^2 - 1}\ \right)\omega_n \tag{2.25}$$

Dalam penelitian ini sistem yang digunakan adalah sistem gerak osilasi dengan redaman *viscous* dan merupakan sisten derajad kebebasan tunggal. ($\zeta <$ 1, keadaan kurang teredam). Dengan mensubstitusikan persamaan (2.25) ke persamaan (2.21), solusi umum menjadi

$$x = e^{-\zeta\omega_n t}\left(Ae^{i\sqrt{1-\zeta^2}\omega_n t} + Be^{-i\sqrt{1-\zeta^2}\omega_n t} \right) \tag{2.26}$$

atau

$$x = Xe^{-\zeta\omega_n t}\sin\left(\sqrt{1-\zeta^2}\,\omega_n t + \phi\right) \tag{2.27}$$

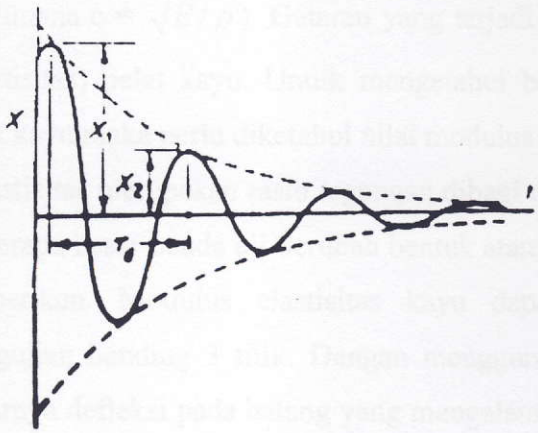
Suatu cara mudah untuk menentukan jumlah redaman yang ada dalam suatu sistem adalah dengan mengukur laju peluruhan osilasi bebas. Makin besar redamannya, makin besar pula laju peluruhannya (gambar 2.7). Disini diperkenalkan istilah *pengurangan logaritmik* (logarithmic decrement) yang didefinisikan sebagai logaritma natural dari rasio dua amplitudo berurutan. Jadi rumusan pengurangan logaritmik menjadi

$$\delta = \ln\frac{x_1}{x_2} = \ln\frac{e^{-\zeta\omega_n t}\sin\left(\sqrt{1-\zeta^2}\,\omega_n t_1 + \phi\right)}{e^{-\zeta\omega_n(t_1+\tau_d)}\sin\left(\sqrt{1-\zeta^2}\,\omega_n\left(t_1+\tau_d\right)+\phi\right)} \tag{2.28}$$

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2003 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

dan karena nilai-nilai dari sinusnya adalah sama bila waktu ditambah dengan perioda redaman τd maka hubungan diatas menjadi

$$\delta = \ln \frac{e^{-\zeta \omega_n t_1}}{e^{-\zeta \omega_n (t_1 + \tau_d)}} = \ln e^{\zeta \omega_n \tau_d} = \zeta \omega_n \tau_d \qquad (2.29)$$



Gambar 2.7. Laju peluruhan osilasi yang diukur dengan pengurangan logaritmik.

Dengan mensubstitusi perioda redaman, $\tau_d = 2\pi / \omega_n \sqrt{1-\zeta^2}$, maka pengurangan logaritmik diatas menjadi

$$\delta = \frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \qquad (2.30)$$

Bila ζ kecil, $\sqrt{1-\zeta^2} \cong 1$, dan diperoleh persamaan pendekatan

$$\delta \cong 2\pi\zeta \qquad (2.31)$$

dan faktor redaman diperoleh dengan persamaan

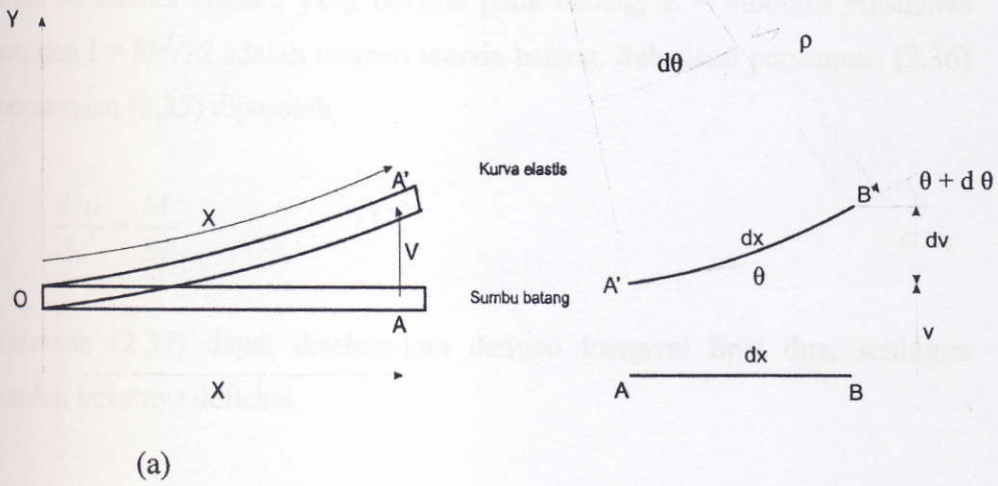
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

$$\delta = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{x_1}{x_2} \qquad (2.32)$$

2.2.5. Modulus Elastisitas Kayu dengan Uji *Bending*

Berdasarkan persamaan (2.41) frekuensi natural dari getaran transversal pelat kayu yang berdimensi 288 x 34,8 x 8 mm^3 proporsional dengan cepat rambat bunyi (dimana c = $\sqrt{E/\rho}$). Getaran yang terjadi menunjukkan adanya kelenturan (elastisitas) pelat kayu. Untuk mengetahui besarnya cepat rambat bunyi pada pelat kayu maka perlu diketahui nilai modulus elastisitas (E)

Modulus elastisitas merupakan rasio tegangan dibagi dengan regangan yaitu pengukuran seberapa besar benda uji berubah bentuk atau melengkung terhadap gaya yang diberikan. Modulus elastisitas kayu dapat diketahui dengan melakukan pengujian bending 3 titik. Dengan menggunakan metode *double-integration* besarnya defleksi pada batang yang mengalami lenturan akibat gaya luar dapat diketahui.



(a)

Gambar 2.8. (a) Deformasi dari batang, (b) Deformasi elemen kecil dari sumbu batang.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Dari geometri tampak bahwa,

$$\frac{d\upsilon}{dx} = \sin\theta \approx \theta \tag{2.33}$$

untuk θ kecil, $\sin\theta = \theta$

dimana $dx = \rho.d\theta$ (2.34)

dengan ρ = radius dari kurva lengkung. Sehingga diperoleh persamaan,

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2\upsilon}{dx^2} \tag{2.35}$$

Dari hubungan *moment-curvature* diperoleh,

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} \tag{2.36}$$

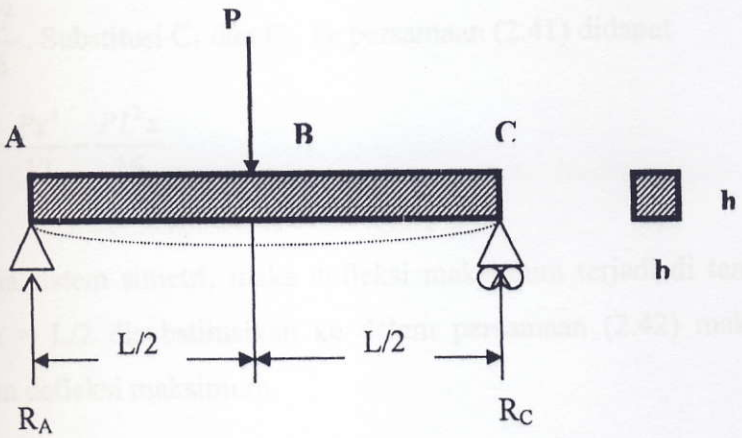
dimana M adalah momen yang bekerja pada batang, E = modulus elastisitas bahan dan $I = bh^3/12$ adalah momen inersia batang. Substitusi persamaan (2.36) ke persamaan (2.35) diperoleh,

$$\frac{d^2\upsilon}{dx^2} = \frac{M}{EI} \tag{2.37}$$

Persamaan (2.37) dapat diselesaikan dengan integrasi lipat dua, sehingga diperoleh besarnya defleksi.

$$\upsilon = \frac{1}{EI}\iint M dx dx + C_1 x + C_2 \tag{2.38}$$

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 2.9. Defleksi batang pada uji bending tiga titik.

Balok kayu yang mengalami defleksi pada uji bending tiga titik terlihat seperti pada gambar 2.4. Defleksi kecil, sehingga pergeseran balok terhadap tumpuan diabaikan. Karena gaya yang bekerja tepat ditengah batang maka distribusi gaya dan momennya adalah simetri. Sehingga dapat ditinjau pada batang AB saja. Reaksi pada tumpuan adalah $R_A = R_C = P/2$. Dan persaman *bending moment* pada batang AB adalah ,

$$M = R_A.x = \frac{Px}{2} \tag{2.39}$$

Substitusi persamaan (2.39) ke persamaan (2.37) diperoleh,

$$\frac{d^2\upsilon}{dx^2} = \frac{Px}{2EI} \tag{2.40}$$

Integrasi dua kali dari persamaan (2.40) didapatkan,

$$EI\upsilon = \frac{Px^3}{12} + C_1x + C_2 \tag{2.41}$$

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Untuk kondisi batas pada sistem ini, dimana $v_{x=0} = 0$ (tidak ada defleksi) dan $v'_{x=L/2} = 0$ (karena simetri, *slope* pada tengah batang nol) diperoleh $C_2 = 0$ dan $C_1 = -\frac{PL^2}{16}$. Substitusi C_1 dan C_2 ke persamaan (2.41) didapat

$$EI\upsilon = \frac{Px^3}{12} - \frac{PL^2x}{16} \tag{2.42}$$

Karena sistem simetri, maka defleksi maksimum terjadi di tengah batang, dengan x = L/2 disubstitusikan ke dalam persamaan (2.42) maka diperoleh persamaan defleksi maksimum,

$$\upsilon_{max} = -\frac{PL^3}{48EI} \tag{2.43}$$

maka, $$E = -\frac{PL^3}{48I\upsilon} \tag{2.44}$$

dan cepat rambat bunyi dapat diketahui dengan persamaan $c = \sqrt{E/\rho}$.

2.2.6. Admitan Akustik dan Efisiensi Konversi Akustik

Admitan akustik didefinisikan sebagai rasio perbandingan antara cepat rambat bunyi arah longitudinal (c) dengan massa jenis (ρ). *Acoustical admittance* menunjukkan banyaknya energi akustik yang dapat diradiasikan dari batang atau pelat. *Acoustical admittance* merupakan kebalikan dari *acoustical impedance*, yaitu tahanan dalam kayu yang ditunjukkan dengan faktor redamannya (ζ). Sehingga material yang memiliki *acoustical admittance* tinggi nilai faktor redamannya akan rendah dan sebaliknya.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

$$\text{Admitan akustik} = \frac{c}{\rho} \tag{2.45}$$

dimana $c = \sqrt{E/\rho}$ dan E adalah modulus elastisitas kayu.

Efisiensi konversi akustik adalah rasio perbandingan antara energi akustik yang dapat diradiasikan dari pelat dengan energi yang harus diberikan untuk menggetarkan pelat. Besarnya efisiensi konversi akustik proporsional dengan admitan akustik dibagi faktor redaman (Yano, 1992).

$$\text{Efisiensi konversi akustik} = \frac{c}{\rho\zeta} \tag{2.46}$$

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 1 Maret 2007 sampai 31 Agustus 2007. Proses penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap. Tahap pertama adalah penyiapan spesimen. Penyiapan spesimen dilakukan di Laboratorium Perpindahan Kalor dan Massa dan Laboratorium CNC, tahap kedua adalah perhitungan *Acoustical Admittance* di Laboratorium Bahan Teknik. Tahap ketiga adalah pengukuran frekuensi alami dan redaman yang dilakukan di ruang *semi-anechoid room,* Laboratorium Getaran.

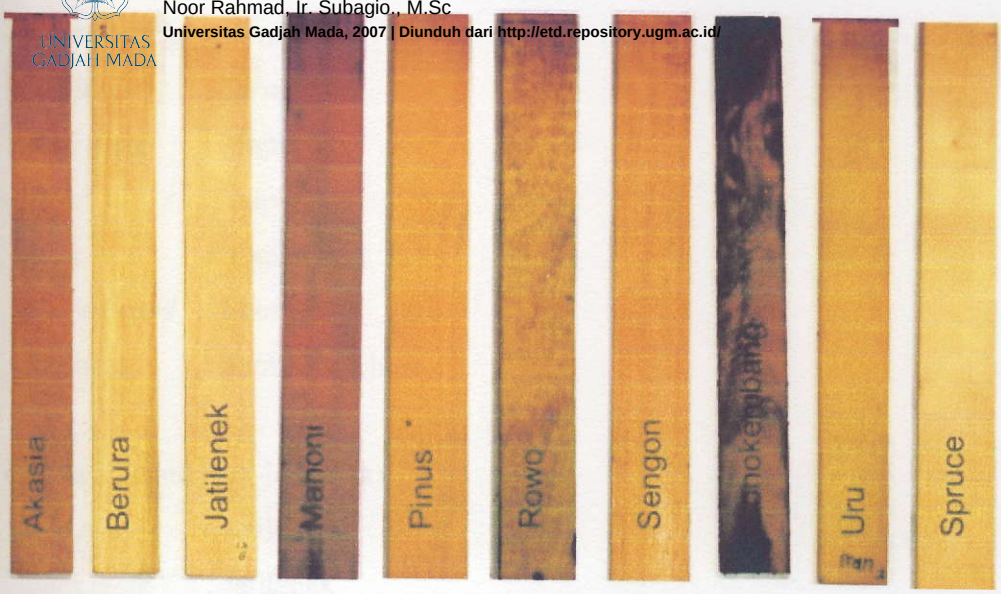
3.2. Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1. Bahan

Jenis kayu yang diuji adalah :

1. Akasia
2. Berura
3. Jatilenek
4. Mahoni
5. Pinus
6. Rowo
7. Sengon
8. Sonokembang
9. Uru
10. *Spruce*

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 3.1. Kayu yang diuji (spesimen B).

Kayu Berura, Jatilenek, Pinus, Sengon, Uru dan *Spruce* merupakan jenis kayu lunak (*softwood*). Sedangkan kayu Akasia, Mahoni, Rowo dan Sonokembang merupakan jenis kayu keras (*hardwood*).

Spesimen uji terbuat dari potongan masing-masing jenis kayu yang dipotong longitudinal (memanjang searah serat) dengan ukuran :

a. Spesimen A berukuran (30 x 30 x 480) mm^3 untuk uji Modulus Elastisitas dan pengukuran massa jenis (DIN 52186)
b. Spesimen B berukuran (8 x 34,8 x 288) mm^3 untuk uji frekuensi alami dan faktor redaman (Noyce, 2007)

Spesimen memiliki ketelitian ukuran ± 0,5 mm.

Biola yang diuji ada dua buah. Spesifikasi kedua jenis biola tersebut adalah sebagai berikut,

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

a. Biola SM (*Spruce-maple*)

Top plate : *Spruce*
Back plate : Maple
Ribs : Maple
Neck : Maple
Fingerboard : Eboni
Pembuat : Scott Co, China

b. Biola JJ (Jatilenek-jatilenek)

Top plate : Jatilenek
Back plate : Jatilenek
Ribs : Berura
Neck : Cempaka
Fingerboard : Sonokeling
Pembuat : Lalu Hilal, Lombok, Indonesia

3.2.2. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Jangka Sorong
2. Penggaris ukuran 60 cm
3. Gergaji Mesin (EMCO)
4. Mesin Fris

Mesin fris ini menggunakan alat iris dengan diameter 30 mm. Kecepatan putar alat iris dan kecepatan suap menyesuaikan dengan kondisi kayu. Kecepatan keduanya disesuaikan agar permukaan kayu halus dan tidak berserabut.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5. Mesin Pasah

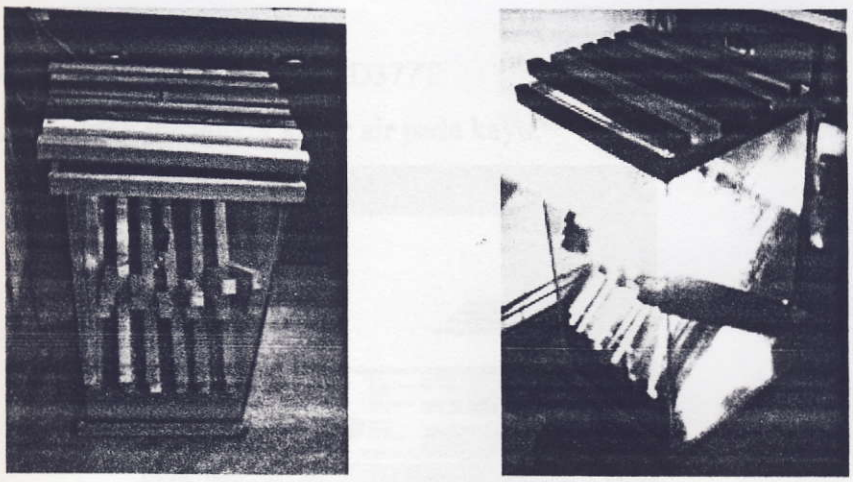
Mesin pasah yang digunakan adalah mesin pasah berbentuk bangku. Kedalaman pemotongan berkisar 0,5 sampai 1,5 mm, disesuaikan dengan tingkat ketelitian dan kehalusan perrmukaan kayu yang dihasilkan.

6. Mesin amplas

Mesin amplas ini berupa mesin amplas rol. Kertas amplas diletakkan pada rol dan rol diputar dengan motor listrik. Mesin amplas ini digunakan untuk menghilangkan serabut dan sudut tajam pada spesimen.

8. Kotak pengering kayu

9. Kotak ini berfungsi untuk menjaga kadar air pada kayu tetap rendah. Kotak ini terbuat dari sisi-sisi kaca yang diberi kerangka dari kayu. Sisi yang tertutup ada 5 sisi. Sedangkan satu sisi, yang berada di atas, dibiarkan terbuka yang berfungsi untuk memudahkan aerasi. Di dalam kotak ini diletakkan dua buah bola lampu 60 watt yang berfungsi sebagai pemanas.

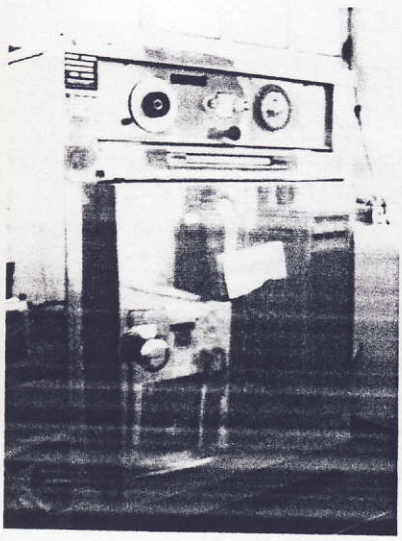


Gambar 3.2. Kotak pengering kayu.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

10. Oven

Alat ini berfungsi untuk memanaskan bahan pada suhu yang diinginkan. Di dalamnya terdapat ruang yang mempunyai rak-rak tempat meletakkan spesimen yang akan dipanaskan.



Gambar 3.3. Oven

11. *Protimeter (Moisture meter)* type D377T

Digunakan untuk mengukur kadar air pada kayu.



Gambar 3.4. *Protimeter*

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

12. Alat penimbang massa

a. Massa spesimen A diukur dengan penimbang massa digital (BISTRO). Alat penimbang ini mempunyai ketelitian hingga 1 gram. Pada alat ini nilai pengukuran massa ditunjukkan secara digital.



Gambar 3.5. Alat penimbang massa digital

b. Massa spesimen B diukur dengan timbangan elektrik (Mettler P1210) yang lebih presisi. Alat ini mempunyai ketelitian hingga 0,01 gram.

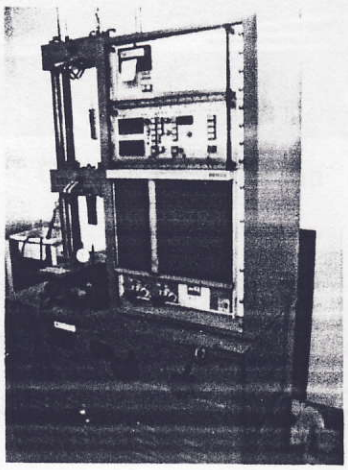


Gambar 3.6. Alat penimbang spesimen B

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

13. Alat uji bending (Torsee Universal)

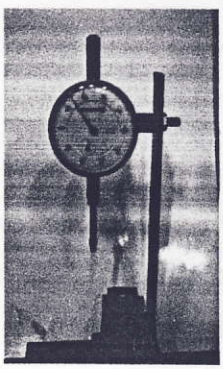
Alat ini mempunyai skala pembebanan terkecil 0,01kg. Pengukuran pembebanan ditunjukkan secara digital.



Gambar 3.7. Alat uji bending

13. Alat ukur defleksi

Alat ukur ini mempunyai skala pengukuran terkecil 0,01 mm. Pengukuran kenaikan defleksi ditunjukkan dengan jarum analog. Tiap satu putaran jarum menunjukkan defleksi 1 mm.

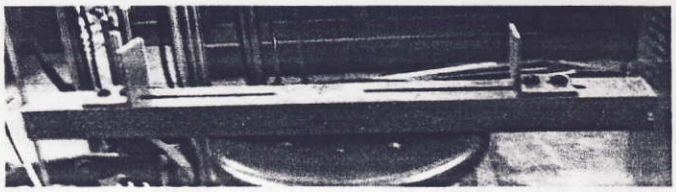


Gambar 3.8. Alat ukur defleksi

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

14. Tumpuan

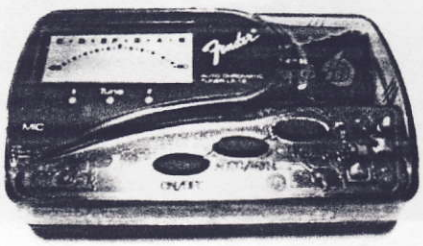
Sebagai penumpu spesimen A saat dilakukan uji bending.



Gambar 3.9. Tumpuan

15. *Guitar Tuner* Khromatik (Fender LX-12)

Tuner ini menunjukkan *pitch* dari sumber bunyi. Pitch yang ditunjukkan adalah pitch pada tangga nada khromatik yaitu C, C#, D, D#, E, F, F#, G, G#, A, A# dan B.



Gambar 3.10. *Guitar Tuner* Kromatik

Skala pengukuran alat ini ditunjukkan dengan skala"cent". Skala ini menunjukkan selisih frekuensi nada yang dihasilkan sumber bunyi terhadap nada krhomatik yang mempunyai frekuensi terdekat. Alat ini mempunyai skala +/- 5 sampai 50 cent. Satu cent berarti 1/100 kali interval setengah nada. Jika ditunjukkan A +10 cent berarti frekensinya adalah 110 +(0,10 x (1,059-1) x 110) Hz dengan nilai 1,059 adalah faktor pengkali interval setengah nada.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

16. Mallet

Digunakan untuk memukul spesimen B saat pengukuran frekuensi alami.

17. Benang elastis

Digunakan untuk menggantung spesimen B saat pengukuran frekuensi alami.

18. *Signal Analyzer Unit* (Bruel &Kjaer Tpe 2035)

Alat ini berfungsi untuk memproses data dan juga untuk menampilkan data yang diinginkan. Dalam penelitian ini data yang dicari adalah spektrum frekuensi yang ditampilkan dalam grafik fungsi frekuensi dan amplitudo. Data lain yang dicari dari alat ini adalah faktor redaman dari spesimen.

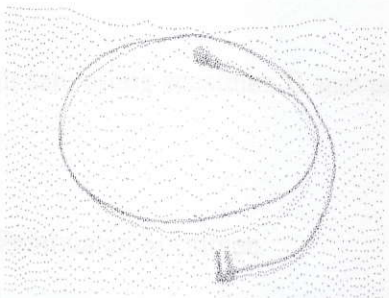


Gambar 3.11. *Signal Analyzer*

19. *Accelerometer* (Bruel & Kjaer Type 4397)

Alat ini digunakan sebagai sensor getaran pada spesimen B saat digetarkan dalam posisi fix-free. Sensor ini mendeteksi percepatan massa dari benda yang bergetar dan mengubahnya secara proporsional menjadi suatu bentuk potensial listrik.

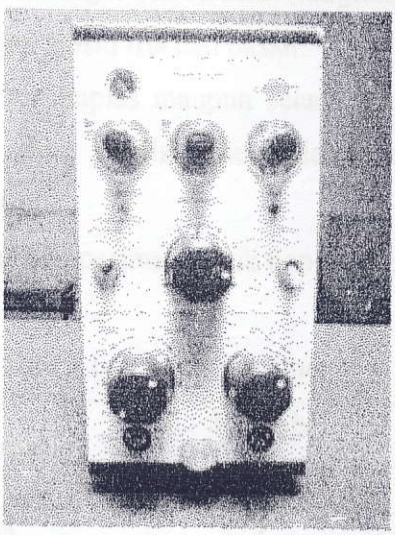
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 3.12. *Accelerometer* (Bruel & Kjaer Type 4397)

20. *Charge Amplifier* (Bruel & Kjaer Type 2635)

Alat ini digunakan sebagai penguat sinyal dari *accelerometer*. Sensitivitas dari alat ini disesuaikan dengan sensitifitas *accelerometer 4397*, yaitu 0,129 pC/ms^{-2}.



Gambar 3.13. *Charge Amplifier* (Bruel & Kjaer Type 2635)

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

21. Pencekam

Untuk menahan salah satu ujung spesimen B saat pengukuran redaman.

3.3. Cara Kerja Penelitian

3.3.1. Pencarian Bahan dan Pembuatan Spesimen

1. Mengumpulkan bahan

   Proses pembuatan spesimen dimulai dengan proses pencarian jenis-jenis kayu yang akan di uji. Semua kayu didapat dalam bentuk gelondongan kecuali kayu berura, jatilenek, sengon dan *spruce*. Keempat kayu ini diperoleh dalam bentuk papan. Kayu yang akan dibuat spesimen diseleksi dari cacat seperti retak, mata kayu, pecah dll.
2. Memotong kasar dengan mesin gergaji "EMCO". Pemotongan kayu ini dengan cara cacah (*Slab-cut*) membujur searah serat (longitudinal).
3. Memotong halus dengan mesin fris dan pasah.
4. *Finishing* dengan mesin amplas maupun secara manual dengan tangan untuk memperoleh ukuran yang presisi, menghilangkan sudut yang tajam dan memperhalus permukaan

Dari proses ini didapat jumlah spesimen untuk tiap-tiap kayu sebagai berikut :

Tabel 3.1. Jumlah Spesimen

No	Jenis Kayu	Jumlah Spesimen A	Jumlah Spesimen B
1.	Akasia	5	22
2.	Berura	-	12
3.	Jatilenek	-	12
4.	Mahoni	5	20
5.	Rowo	5	24

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 3.1. Jumlah Spesimen (lanjutan)

6.	Sonokembang	5	23
7.	Uru	5	21
8.	Pinus	5	11
9.	Sengon	7	9
10.	*Spruce*	2	25

5. Memberi penomoran dan tanda pada spesimen untuk identifikasi
   Untuk spesimen yang berasal dari kayu gelondongan diberi tanda angka untuk memberikan tanda jarak dari pusat batang pohon. Angka terkecil (angka 1) menunjukkan spesimen merupakan bagian terluar dari penampang pohon. Untuk spesimen yang tidak diperoleh dari kayu gelondongan tidak dapat diketahui bagian sebelah mana dari penampang pohon.
6. Menyimpan spesimen di kotak pengering untuk menjaga kadar air tetap konstan sebelum pengambilan data. Kadar air spesimen saat pada kotak pengering sekitar 15-20 %.

3.3.2. Pengukuran kadar air dalam spesimen

1. Spesimen A disiapkan
2. Protimeter dikalibrasi
3. Menancapkan sensor (berbentuk paku) pada permukaan kayu. Bagian yang diukur adalah keempat sisi spesimen dan kemudian dihitung rata-ratanya.
4. Setelah paku sensor tertancap, alat di *switch on*. Skala yang dipakai sesuai dengan jenis kayu yang diukur. Untuk *softwood* menggunakan skala B dan untuk *hardwood* menggunakan skala A (sesuai dengan petunjuk penggunaan alat).
5. Data % H_2O masing-masing kayu dicatat.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Pada proses ini alat pengukur kadar air dikalibrasi dengan cara membandingkan hasil pengukurannya dengan hasil pengukuran dengan metode pengovenan. Untuk metode pengovenan bahan uji yang digunakan adalah kayu berukuran (8x34,8x288) mm^3. Pertama spesimen diukur kadar airmya dengan menggunakan *protimeter* dan dicatat hasilnya. Kemudian spesimen ditimbang massanya dan dioven pada suhu 120 °C. Setiap satu jam ditimbang dan dicatat massanya. Setelah massanya konstan spesimen dikeluarkan dari oven dan dicatat massanya. Dengan menngunakan nilai massa awal dan akhir kadar air pada kayu dapat diketahui. Kadar air pada pengukuran pertama dibandingkan dengan pengukuran kedua.

3.3.3. Pengukuran massa jenis spesimen tiap-tiap jenis kayu

1. Menyiapkan spesimen.
2. Menimbang spesimen A dengan timbangan digital dan spesimen B dengan timbangan elektrik yang lebih teliti.
3. Mencatat data massa masing-masing kayu.
4. Menghitung massa jenis (ρ) dengan persamaan berikut

$$\rho = \frac{m}{V}$$

dengan ρ adalah massa jenis (kg/m^3), m adalah massa (kg) dan V adalah volume spesimen (m^3).

3.3.4. Pengukuran nilai modulus elastisitas tiap-tiap jenis kayu.

Pengukuran dilakukan dengan uji *three-point bending berdasarkan* standar DIN 52186. Langkah kerja yang dilakukan adalah :

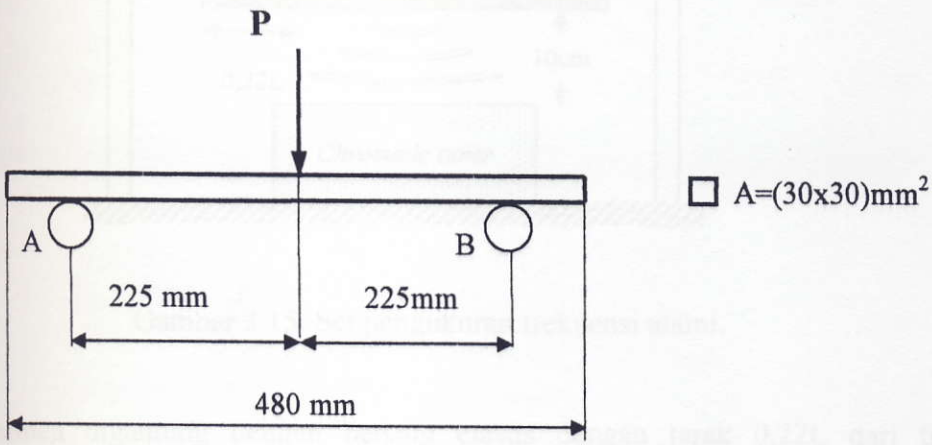
1. Menyiapkan spesimen A.
2. Memasang tumpuan dan alat ukur defleksi pada mesin uji bending

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3. Spesimen dipasang pada tumpuan, tuas beban diturunkan sampai permukaan atas spesimen dan mesin diset beban 0 Kg dan defleksi 0 mm.
4. Mencatat nilai pembebanan (dalam kg) untuk setiap kenaikan defleksi sebesar 0,25 milimeter. Pembebanan ini dicatat sampai beban mencapai 100 kg.
5. Menghitung nilai modulus elastisitas dari data pembebanan dan defleksi yang diperoleh dengan persamaan (2.12) seperti dibawah ini,

$$E = \frac{PL^3}{48\delta I} \quad \text{dimana } I = \frac{s^4}{12}$$

dengan catatan δ adalah besarnya defleksi (m), P adalah beban (N), E adalah modulus elastisitas (N/m^2), I adalah momen inersia (m^4) dan s adalah sisi penampang spesimen (m). Nilai beban dikonversi ke satuan Newton dengan dikalikan percepatan gravitasi ($g = 9{,}8\ m/s^2$) dan defleksi dalam penghitungan dikonversi menjadi meter.



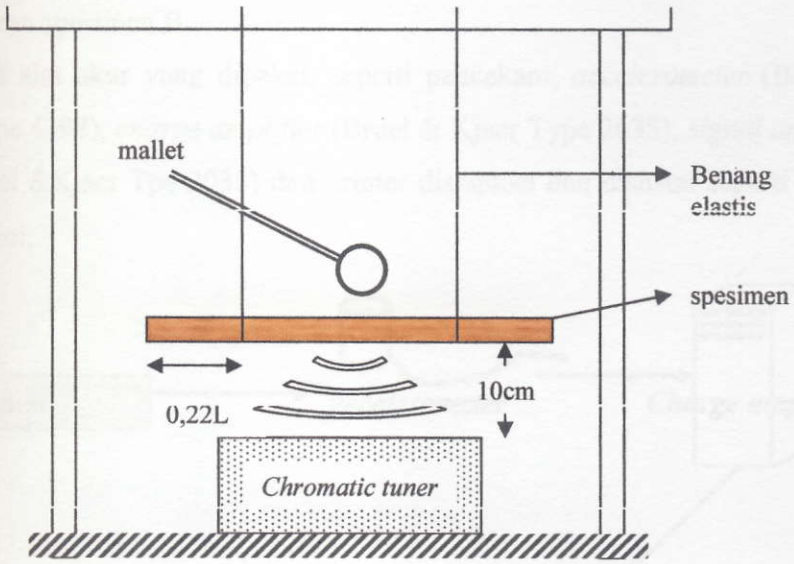
Gambar 3.14. Uji Bending (DIN52186)

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3.5. Pengukuran Frekuensi Alami Kayu.

Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan metode yang dilakukan Noyce (2007). Spesimen ditumpu *free-free* (digantung dengan benang elastik) dengan jarak 0,22L dari tiap ujungnya. Langkah-langkah yang dilakukan adalah :

1. Menyiapkan spesimen B.
2. Perangkat alat ukur seperti *chromatic tuner,* benang elastis, *mallet* (pemukul) dan penggantung disiapkan serta diset seperti gambar berikut,



Gambar 3.15. Set pengukuran frekuensi alami.

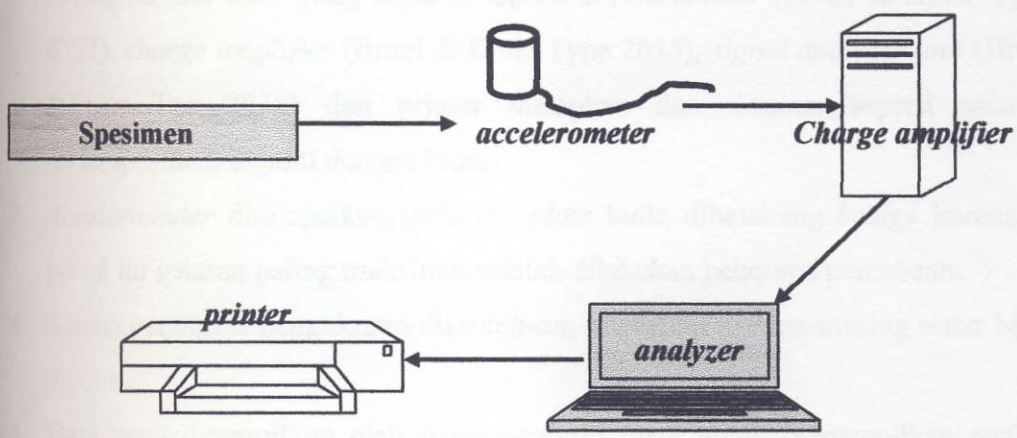
3. Spesimen digantung dengan benang elastis dengan jarak 0,22L dari tiap ujungnya.
4. *Chromatic tuner* diletakkan dibawah spesimen dengan jarak 10 cm sesuai dengan spesifikasi alat.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5. Chromatic tuner dinyalakan dan spesimen dipukul tepat di tengah dengan menggunakan *mallet*.
6. *Pitch* kromatik yang terbaca pada *tuner* dicatat. Masing-masing spesimen dilakukan tiga kali pengukuran dan diambil rata-ratanya.
7. Nilai *pitch* dalam satuan cent dikonversi menjadi Hertz dengan patokan nada dasar A=110 Hz.

3.3.6. Pengukuran Faktor Redaman Kayu

1. Menyiapkan spesimen B.
2. Perangkat alat ukur yang dipakai, seperti pencekam, *accelerometer* (Bruel & Kjaer Type 4397), *charge amplifier* (Bruel & Kjaer Type 2635), *signal analyzer unit* (Bruel &Kjaer Tpe 2035) dan printer disiapkan dan disusun seperti skema dibawah ini,



Gambar 3.16. Skema susunan alat pengukur faktor redaman.

3. Salah satu ujung spesimen dijepit dengan tanggem dan ujung yang bebas dilekatkan *accelerometer*.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio, M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4. Setelah semua alat terhubung dan di*switch on*, ujung spesimen yang bebas digetarkan dengan simpangan tertentu.
5. Getaran teredam yang muncul pada *signal analyzer direkam* dan dicetak di kertas.
6. Data penurunan logaritmik, yaitu waktu (ms) dan amplitudo (mV) dari puncak-puncak gelombang sinusoidal diambil berurutan sebanyak lima buah dan dicatat.
7. Data yang didapat dinormalisir untuk mendapatkan fungsi penurunan logaritmiknya.
8. Menghitung *decrement logarithmic* dan faktor redaman dari data yang telah dinormalisir dengan persamaan (2.27).

3.3.7. Pengukuran faktor redaman dan frekuensi getaran biola.

1. Biola disiapkan dan masing-masing senar di *tune* pada frekuensi nada dasarnya. G pada 196 Hz, D pada 294 Hz, A pada 440 Hz dan E pada 660 Hz..
2. Perangkat alat ukur yang dipakai seperti *accelerometer* (Bruel & Kjaer Type 4397), *charge amplifier* (Bruel & Kjaer Type 2635), *signal analyzer unit* (Bruel &Kjaer Tpe 2035) dan printer disiapkan dan disusun seperti gambar 3.16.(spesimen diganti dengan biola).
3. *Accelerometer* ditempelkan pada *top plate* biola dibelakang *bridge* karena di posisi ini getaran paling maksimal setelah dilakukan beberapa percobaan.
4. Semua perangkat pengukuran di*switch-on*, kemudian masing-masing senar biola dipetik.
5. Data yang ditampilkan oleh layar *analyzer* diset untuk menampilkan analisa *Fourier* dan *Complete time*, sehingga frekuensi getaran dan faktor redaman dapat dianalisa.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio, M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6. Data yang diperoleh merupakan hubungan antara frekuensi(Hz)–amplitudo(mV) untuk data spektrum frekuensi dan waktu(ms)-amplitudo(mV) untuk data penurunan logaritmik
7. Pengukuran ini dilakukan secara bergantian pada biola *spruce-maple* dan biola jatilenek-jatilenek.

3.4. Pengolahan Data

Data hasil penelitian, pengolahan dan perhitungan massa jenis, modulus elastisitas, penurunan logaritmik, faktor redaman, frekuensi natural, cepat rambat bunyi, admitan akustik dan efisiensi konversi akustik dapat dilihat pada lampiran 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan 8.

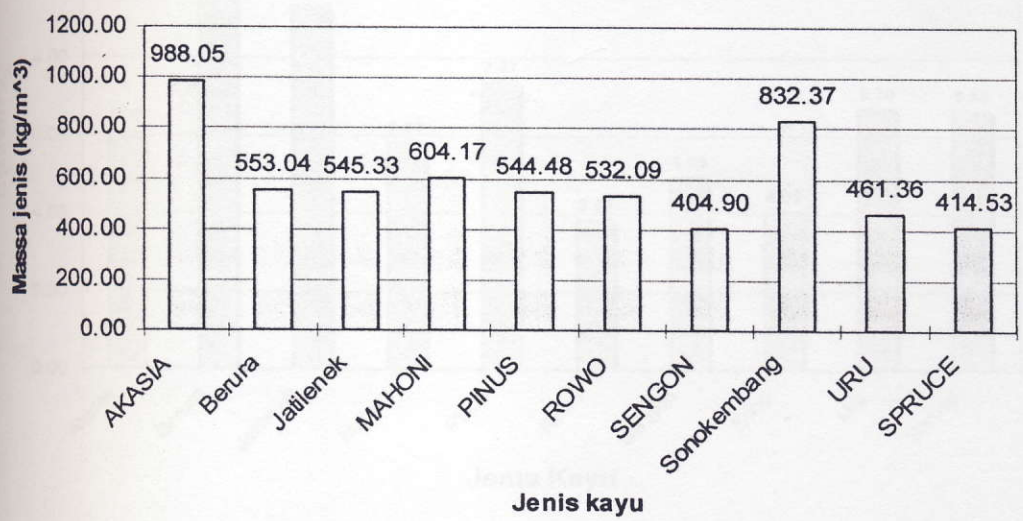
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dari penelitian ini dijabarkan dalam 7 bagian. Bagian pertama memaparkan tentang massa jenis kayu, bagian kedua memaparkan tentang modulus elastisitas kayu berdasarkan uji bending, bagian ketiga memaparkan tentang faktor redaman kayu, bagian keempat memaparkan tentang admitan akustik kayu, bagian kelima memaparkan tentang perbandingan nilai admitan akustik dan faktor redaman kayu, bagian keenam memaparkan tentang faktor redaman biola *spruce-maple*, biola jatilenek-jatilenek, biola pinus-pinus dan biola pinus mahoni, dan bagian ketujuh memaparkan tentang spektrum getaran biola *spruce-maple,* biola jatilenek-jatilenek, biola pinus-pinus dan biola pinus-mahoni.

4.1. Massa Jenis Kayu

Massa jenis (ρ) kayu diukur dari spesimen B (288 x 34,8 x 8)mm^3. Data hasil penelitian massa jenis kayu dapat dilihat pada lampiran 2. Massa jenis rata-rata dari kayu dapat dilihat pada gambar 4.1.



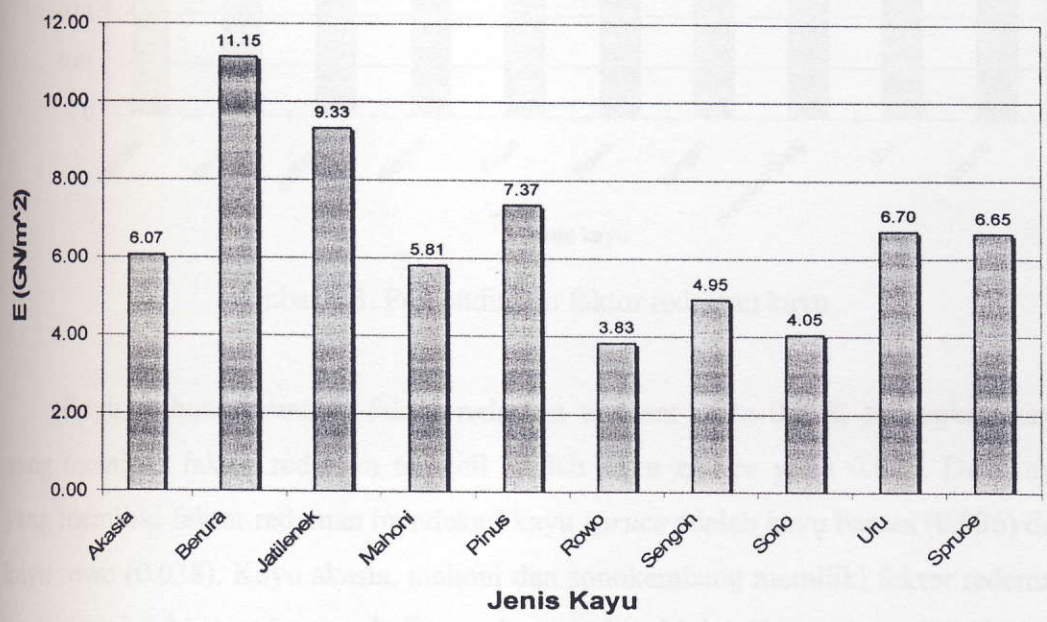
Gambar 4.1. Massa jenis rata-rata kayu

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio, M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Kayu akasia memiliki massa jenis paling besar yaitu 988,05 kg/m^3, sedangkan massa jenis paling kecil adalah kayu sengon yaitu 404,90 kg/m^3. Dari nilai massa jenis ini maka kayu akasia, sonokembang dan mahoni dapat digolongkan sebagai kayu keras. Sedangkan kayu berura, jatilenek, pinus, rowo, sengon, uru dan *spruce* termasuk kayu lunak. Urutan jenis kayu dari massa jenis tinggi ke rendah adalah akasia, sonokembang, mahoni, berura, jatilenek, pinus, rowo, uru, *spruce* dan sengon. Kayu yang memiliki massa jenis mendekati kayu *spruce* (414.53 kg/m^3) adalah kayu uru (461.36 kg/m^3) dan kayu sengon (404.90 kg/m^3).

4.2. Modulus Elastisitas Kayu.

Moulus elastisitas (E) dari kayu akasia, mahoni, pinus, rowo, sengon, sono, uru, dan *spruce* diperoleh dari uji bending spesimen A (30 x 30 x 480)mm^3 (data hasil pengujian bending dapat dilihat pada lampiran 3). Sedangkan untuk kayu berura dan jatilenek modulus elastisitas diperoleh dari penurunan frekuensi dan massa jenis (ρ), dimana cepat rambat bunyi c = 10 x frekuensi dan E = c^2 x ρ. (Noyce, 2007)



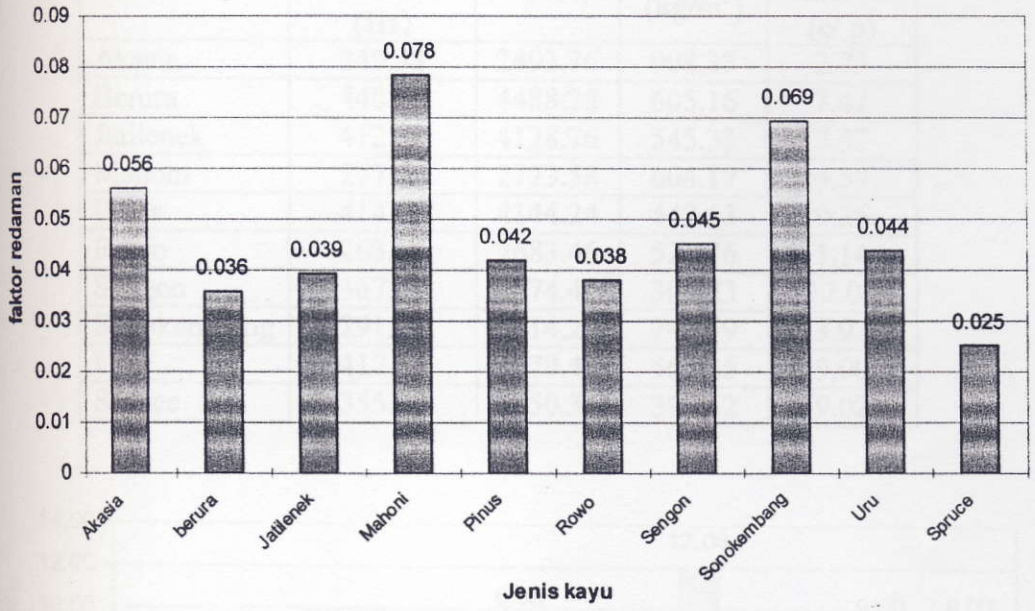
Gambar 4.2. Perbandingan modulus elastisitas kayu

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Modulus elastisitas kayu terbesar adalah kayu berura (11,15 GN/m^2), sedangkan modulus elastisitas terendah adalah kayu rowo (3,83 GN/m^2). Kayu yang memiliki modulus elastisitas mendekati kayu *spruce* (6,65 GN/m^2) adalah pinus (7,37 GN/m^2) dan kayu uru (6,70 GN/m^2).

4.3. Faktor Redaman Kayu

Gambar 4.2. menunjukkan nilai-nilai faktor redaman kayu pada spesimen B (288 x 34,8 x 8)mm^3 yang digetarkan dengan tumpuan *fixed-free*.



Gambar 4.3. Perbandingan faktor redaman kayu

Kayu mahoni memiliki faktor redaman terbesar yaitu 0.078, sedangkan kayu yang memiliki faktor redaman terkecil adalah kayu *spruce* yaitu 0.025. Dua kayu yang memiliki faktor redaman mendekati kayu *spruce* adalah kayu berura (0.036) dan kayu rowo (0.038). Kayu akasia, mahoni dan sonokembang memiliki faktor redaman yang tinggi sehingga kurang baik untuk *top plate* biola. Kayu pinus (0,042), uru (0,044) dan jatilenek (0,039) cukup rendah faktor redamannya

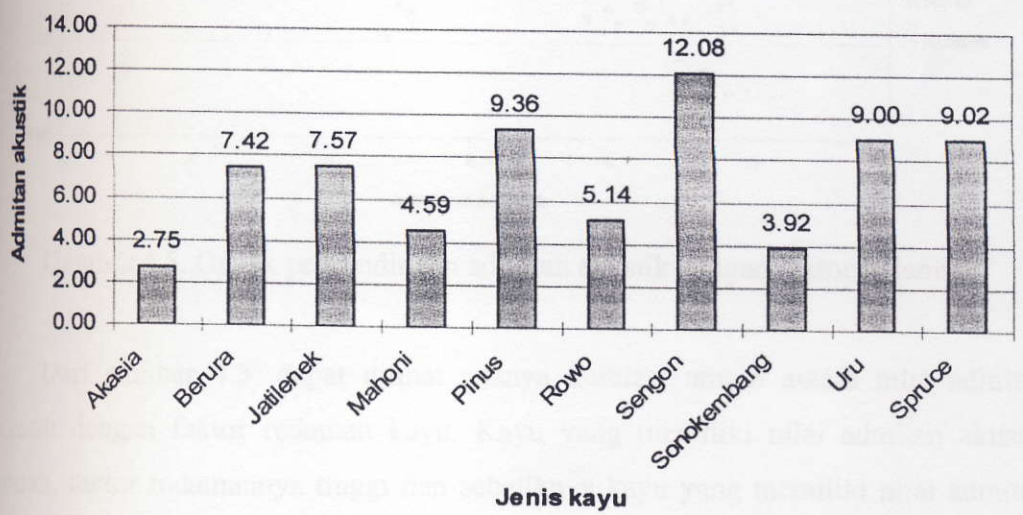
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.4. Admitan Akustik Kayu

Data admitan akustik kayu dapat dilihat pada tabel 4.1. dan perbandingan admitan akustik kayu dapat dilihat pada gambar 4.3. Nilai c = 10 x frekuensi berdasarkan eksperimen Noyce (2007) untuk spesimen B (288 x 34,8 x 8)mm^3 dan admitan akustik = c/ρ, dimana c = $\sqrt{E/\rho}$.

Tabel 4.1. Nilai admitan akustik rata-rata kayu

Jenis kayu	Frekuensi natural (Hz)	c (m/s)	ρ (kg/m^3)	Admitan akustik (c/ ρ)
Akasia	249.38	2493.76	908.33	2.75
Berura	448.83	4488.28	605.16	7.42
Jatilenek	412.88	4128.76	545.33	7.57
Mahoni	277.36	2773.58	604.17	4.59
Pinus	414.42	4144.24	442.53	9.36
Rowo	268.35	2683.46	521.76	5.14
Sengon	367.45	3674.46	304.23	12.08
Sonokembang	291.42	2914.22	742.59	3.92
Uru	417.94	4179.42	464.35	9.00
Spruce	355.04	3550.36	393.52	9.02

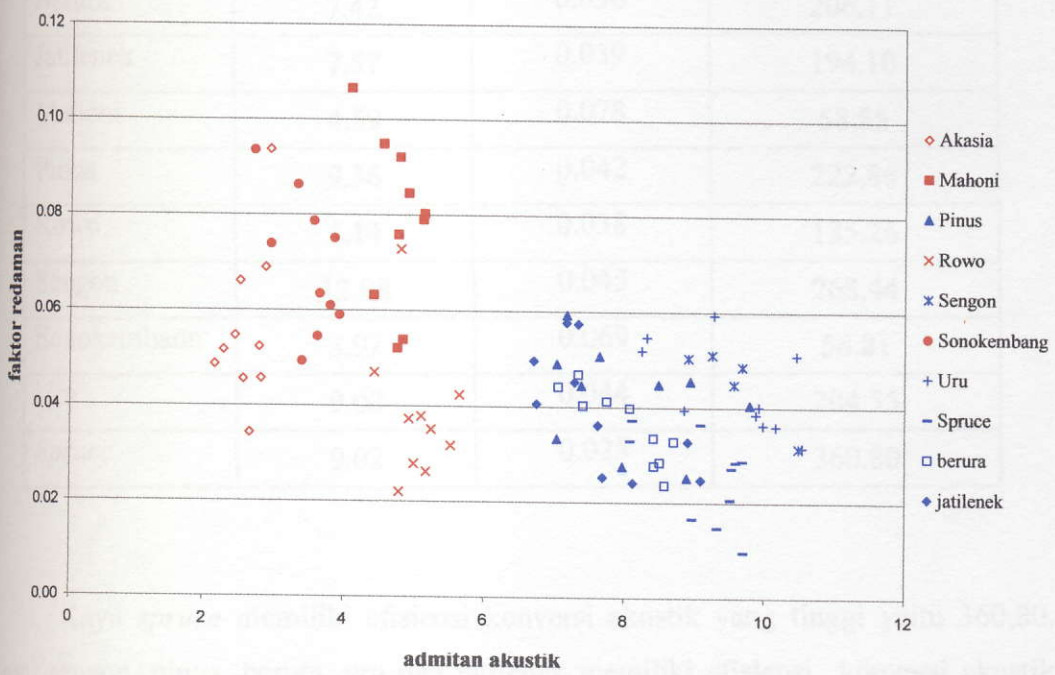


Gambar 4.4. Perbandingan admitan akustik kayu.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Kayu sengon [illegible] nilai admitan akustik terendah dimiliki kayu akasia yaitu 2,75. Sedangkan kayu yang memiliki nilai admitan akustik mendekati kayu *spruce* (9,02) adalah kayu pinus (9,36) dan kayu uru (9,00). Kayu akasia, mahoni, rowo dan sonokembang memiliki admitan akustik yang rendah sehingga kurang baik untuk digunakan sebagai *top plate* biola.

4.5. Perbandingan Admitan Akustik dengan Faktor Redaman



Gambar 4.5. Grafik perbandingan admitan akustik dengan faktor redaman.

Dari gambar 4.5. dapat dilihat adanya korelasi umum antara nilai admitan akustik dengan faktor redaman kayu. Kayu yang memiliki nilai admitan akustik rendah, faktor redamannya tinggi dan sebaliknya kayu yang memiliki nilai admitan akustik tinggi, faktor redamannya rendah. Admitan akustik menunjukkan energi yang mampu diradiasikan batang kayu, sedangkan faktor redaman menunjukkan besarnya

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio, M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

energi yang harus diberikan untuk menggetarkan batang kayu. Rasio perbandingan antara energi akustik yang diradiasikan batang kayu dengan energi yang diberikan untuk menggetarkan batang kayu merupakan efisiensi konversi akustik dan proporsional dengan admitan akustik (c/ ρ) dibagi faktor redaman (ζ).(Yano, 1992)

Tabel 4.2. Efisiensi konversi akustik kayu

Jenis kayu	Admitan akustik	Faktor redaman	Efisiensi konversi akustik
Akasia	2.75	0.056	49.11
Berura	7.42	0.036	206.11
Jatilenek	7.57	0.039	194.10
Mahoni	4.59	0.078	58.85
Pinus	9.36	0.042	222.86
Rowo	5.14	0.038	135.26
Sengon	12.08	0.045	268.44
Sonokembang	3.92	0.069	56.81
Uru	9.00	0.044	204.55
Spruce	9.02	0.025	360.80

Kayu *spruce* memiliki efisiensi konversi akustik yang tinggi yaitu 360,80. Kayu sengon, pinus, berura, uru dan jatilenek memiliki efisiensi konversi akustik yang cukup baik meskipun masih dibawah kayu *spruce*. Grafik pada gambar 4.5. menunjukkan pengelompokkan kayu-kayu yang diteliti dimana warna merah (Akasia, Mahoni, Rowo dan Sonokembang) merupakan kelompok kayu yang memiliki efisiensi akustik rendah dan warna biru (Pinus, Sengon, Uru, *Spruce*, Berura dan Jatilenek) merupakan kelompok kayu yang memiliki efisiensi akustik tinggi.

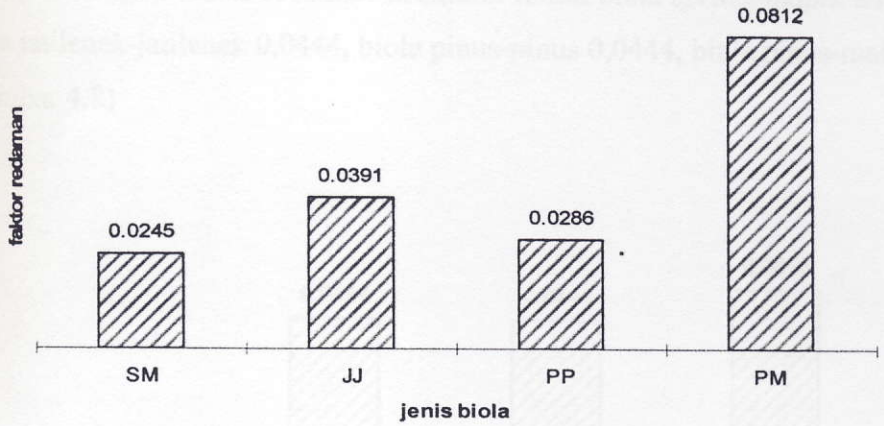
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Nyoman Rahmadi Kusbardio., MSc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.6. Faktor Redaman Struktural Akibat Bergetarnya *Top Plate* Biola saat Senar Biola Dipetik.

Berikut ini merupakan perbandingan faktor redaman struktural biola akibat bergetarnya *top plate* saat biola dipetik. Biola yang dibandingkan adalah Biola *spruce-maple* dan biola jatilenek-jatilenek dari hasil penelitian, serta biola pinus-pinus dan biola pinus-mahoni dari hasil penelitian John (2004). *Trend-line* penurunan logaritmik dapat dilihat pada lampiran 7.

4.6.1. Faktor redaman struktural akibat bergetarnya senar G.

Hasil perhitungan faktor redaman struktural untuk biola *spruce-maple* adalah 0,0245, biola jatilenek-jatilenek 0,0391, biola pinus-pinus 0,0286, biola pinus-mahoni 0,0812. (Gambar 4.6)

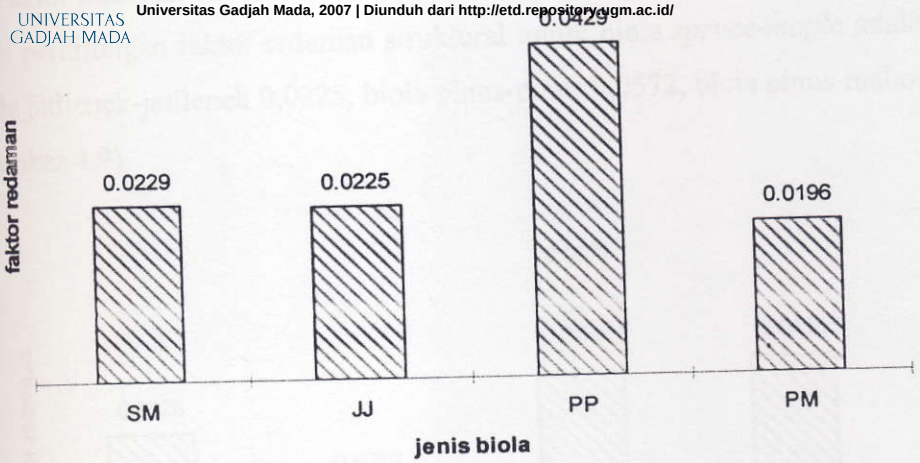


Gambar 4.6. Faktor redaman struktural *top plate* akibat bergetarnya senar G.

4.6.2. Faktor redaman struktural akibat bergetarnya senar D.

Hasil perhitungan faktor redaman struktural untuk biola *spruce-maple* adalah 0,0229, biola jatilenek-jatilenek 0,0225, biola pinus-pinus 0,0429, biola pinus-mahoni 0,0196. (Gambar 4.7)

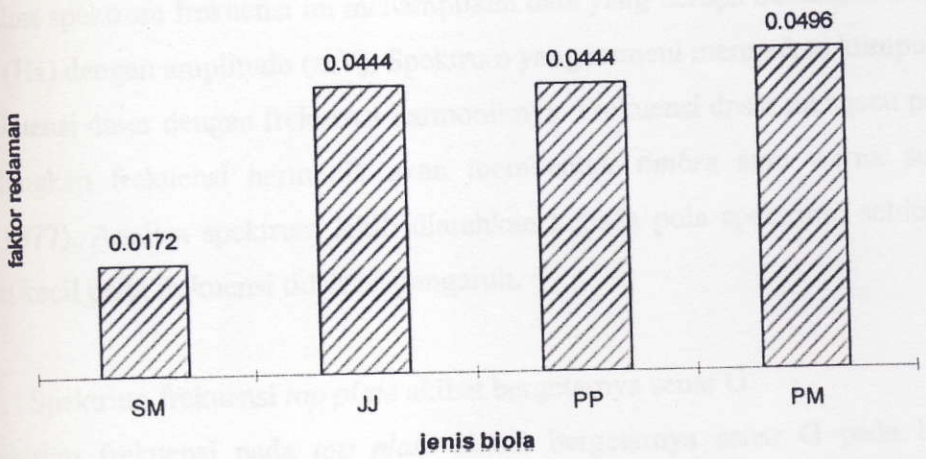
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 4.7. Faktor redaman struktural *top plate* akibat bergetarnya senar D.

4.6.3. Faktor redaman struktural akibat bergetarnya senar A.

Hasil perhitungan faktor redaman struktural untuk biola *spruce-maple* adalah 0,0172, biola jatilenek-jatilenek 0,0444, biola pinus-pinus 0,0444, biola pinus-mahoni 0,0496. (Gambar 4.8)

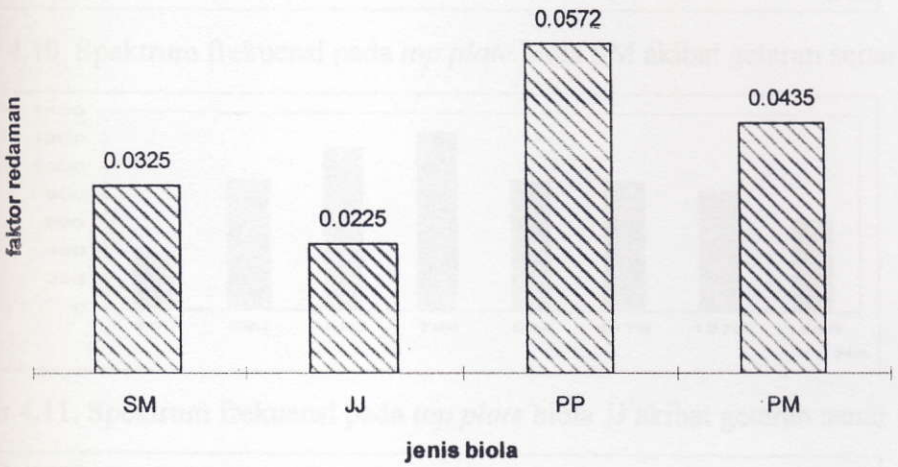


Gambar 4.8. Faktor redaman struktural *top plate* akibat bergetarnya senar A.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmat Tsanaji, M.Si.
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.6.4. Faktor redaman struktural akibat bergetarnya senar E.

Hasil perhitungan faktor redaman struktural untuk biola *spruce-maple* adalah 0,0325, biola jatilenek-jatilenek 0,0225, biola pinus-pinus 0,0572, biola pinus-mahoni 0,0435. (Gambar 4.9)



Gambar 4.9. Faktor redaman struktural *top plate* akibat bergetarnya senar E.

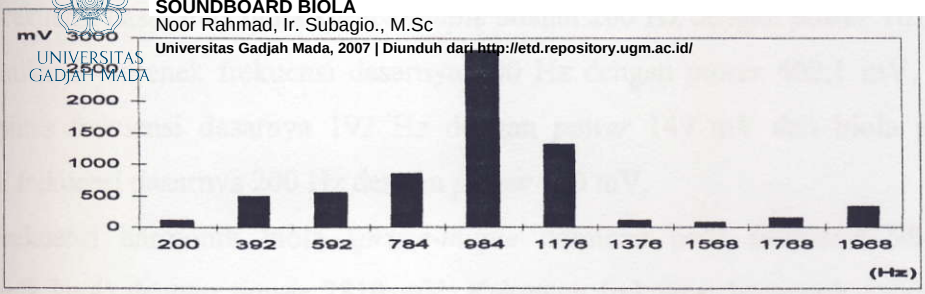
4.7. Spektrum Frekuensi pada *Top Plate* Biola.

Analisa spektrum frekuensi ini menampilkan data yang berupa hubungan antara frekuensi (Hz) dengan amplitudo (mV). Spektrum yang muncul merupakan kumpulan antara frekuensi dasar dengan frekuensi harmoniknya. Frekuensi dasar mengacu pada *pitch* sedangkan frekuensi harmonik akan membentuk *timbre* atau warna suara (Porges, 1977). Analisa spektrum lebih diarahkan kepada pola spektrum, sehingga perbedaan kecil pada frekuensi tidak berpengaruh.

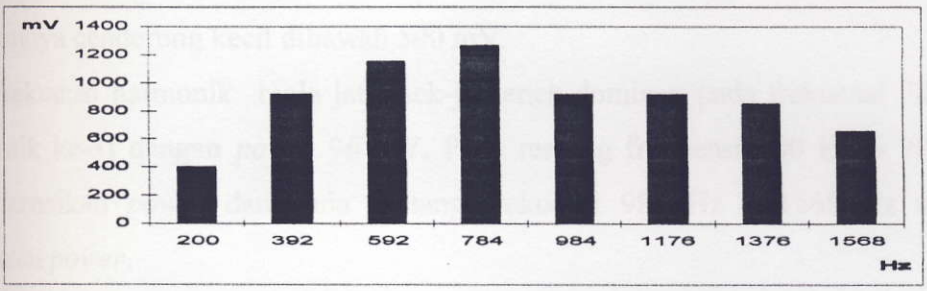
4.7.1. Spektrum frekuensi *top plate* akibat bergetarnya senar G

Spektrum frekuensi pada *top plate* akibat bergetarnya senar G pada biola *spruce-maple*, biola jatilenek-jetilenek, biola pinus-pinus dan biola pinus-mahoni dapat dilihat pada gambar 4.9, 4.10, 4.11 dan 4.12.

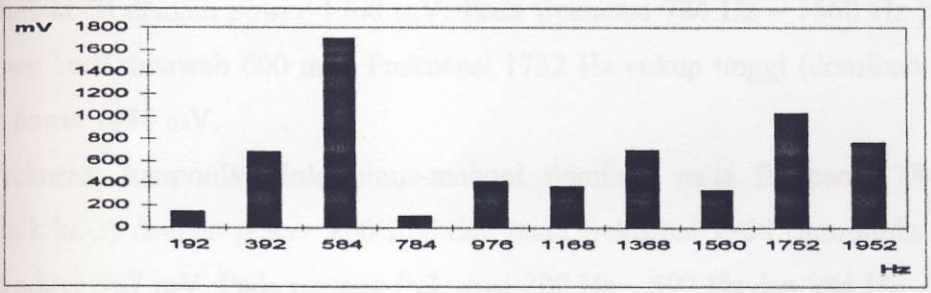
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



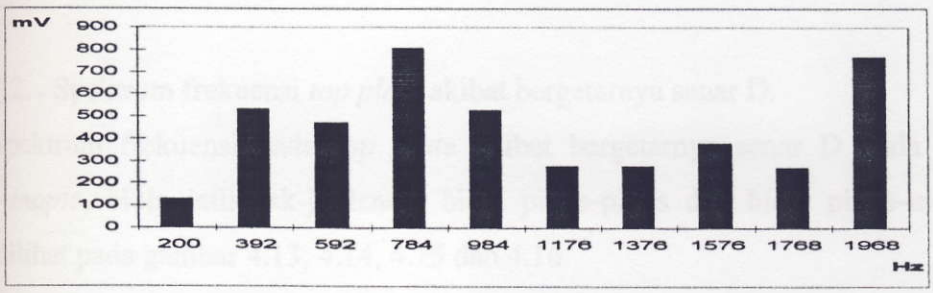
Gambar 4.10. Spektrum frekuensi pada *top plate* biola SM akibat getaran senar G.



Gambar 4.11. Spektrum frekuensi pada *top plate* biola JJ akibat getaran senar G.



Gambar 4.12. Spektrum frekuensi pada *top plate* biola PP akibat getaran senar G.



Gambar 4.13. Spektrum frekuensi pada *top plate* biola PM akibat getaran senar G.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Sebagai., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Frekuensi dasar biola *spruce-maple* adalah 200 Hz dengan *power* 101 mV, biola jatilenek-jatilenek frekuensi dasarnya 200 Hz dengan *power* 402,1 mV, biola pinus-pinus frekuensi dasarnya 192 Hz dengan *power* 149 mV dan biola pinus-mahoni frekuensi dasarnya 200 Hz dengan *power* 130 mV.

Frekuensi harmonik biola *spruce-maple* dominan pada frekuensi 984 Hz (harmonik ke-4) dengan *power* 2810 mV. Kekuatan frekuensi harmonik cenderung naik pada frekuensi 200 Hz - 784 Hz. Pada frekuensi 1376 Hz – 1968 Hz kekuatannya cenderung kecil dibawah 500 mV.

Frekuensi harmonik biola jatilenek-jatilenek dominan pada frekuensi 784 Hz (harmonik ke-3) dengan *power* 96 mV. Pada rentang frekuensi 200 Hz – 784 Hz tejadi kenaikan *power* dan pada rentang frekuensi 984 Hz – 1568 Hz terjadi penurunan *power*.

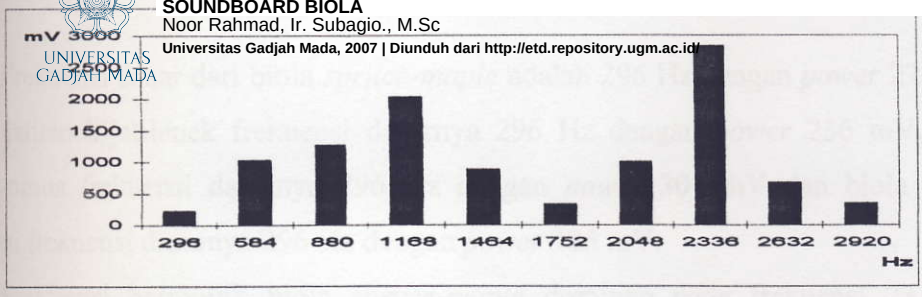
Frekuensi harmonik biola pinus-pinus dominan pada frekuensi 584 Hz (harmonik ke-3) dengan *power* 1700 mV. Pada frekuensi 784 Hz – 1560 Hz *power* cenderung kecil dibawah 600 mV. Frekuensi 1752 Hz cukup tinggi (dominan ke-2) dengan power 1030 mV.

Frekuensi harmonik biola pinus-mahoni dominan pada frekuensi 784 Hz (harmonik ke-3) dengan *power* 806 mV dan pada frekuensi 1968 (harmonik ke-9) dengan *power* 767 mV. Pada rentang frekuensi 200 Hz – 592 Hz dan 984 Hz – 1768 Hz, *power* naik-turun dan dibawah 600 mV.

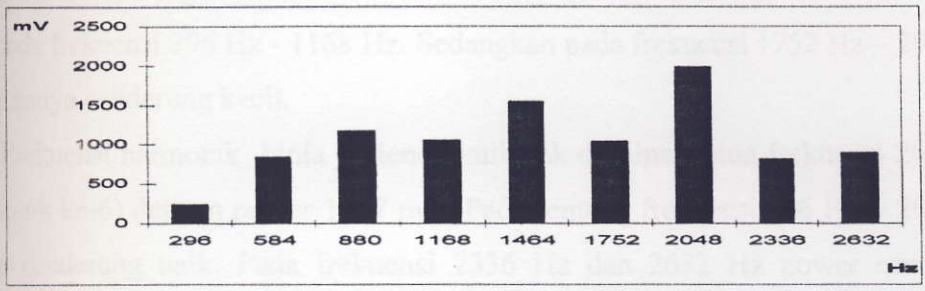
4.7.2. Spektrum frekuensi *top plate* akibat bergetarnya senar D.

Spektrum frekuensi pada *top plate* akibat bergetarnya senar D pada biola *spruce-maple*, biola jatilenek-jetilenek, biola pinus-pinus dan biola pinus-mahoni dapat dilihat pada gambar 4.13, 4.14, 4.15 dan 4.16.

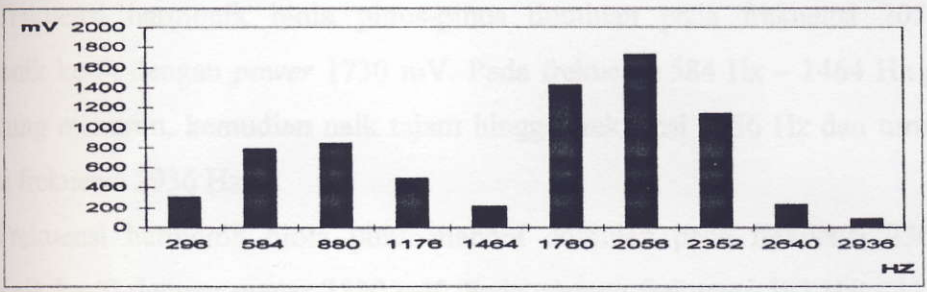
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



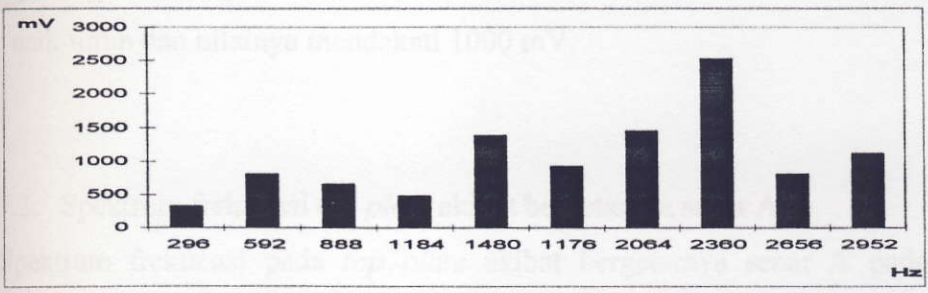
Gambar 4.14. Spektrum frekuensi pada *top plate* biola SM akibat getaran senar D.



Gambar 4.15. Spektrum frekuensi pada *top plate* biola JJ akibat getaran senar D.



Gambar 4.16. Spektrum frekuensi pada *top plate* biola PP akibat getaran senar D.



Gambar 4.17. Spektrum frekuensi pada *top plate* biola PM akibat getaran senar D.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Frekuensi dasar dari biola *spruce-maple* adalah 296 Hz dengan *power* 228 mV, biola jatilenek-jatilenek frekuensi dasarnya 296 Hz dengan *power* 236 mV, biola pinus-pinus frekuensi dasarnya 296 Hz dengan *power* 301 mV dan biola pinus-mahoni frekuensi dasarnya 296 Hz dengan *power* 325 mV.

Frekuensi harmonik biola *spruce-maple* dominan pada frekuensi 2336 Hz (harmonik ke-7) dengan *power* 2840 mV. Kekuatan frekuensi harmonik cenderung naik pada frekuensi 296 Hz - 1168 Hz. Sedangkan pada frekuensi 1752 Hz – 2920 Hz kekuatannya cenderung kecil.

Frekuensi harmonik biola jatilenek-jatilenek dominan pada frekuensi 2048 Hz (harmonik ke-6) dengan *power* 1987 mV. Pada rentang frekuensi 296 Hz – 2048 Hz *power* cenderung naik. Pada frekuensi 2336 Hz dan 2632 Hz power cenderung konstan pada nilai 500 mV.

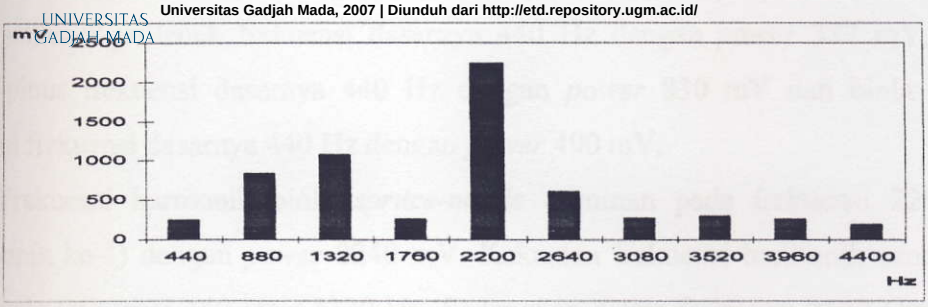
Frekuensi harmonik biola pinus-pinus dominan pada frekuensi 2056 Hz (harmonik ke-6) dengan *power* 1730 mV. Pada frekuensi 584 Hz – 1464 Hz *power* cenderung menurun, kemudian naik tajam hingga frekuensi 2056 Hz dan turun lagi sampai frekuensi 2936 Hz.

Frekuensi harmonik biola pinus-mahoni dominan pada frekuensi 2360 Hz (harmonik ke-7) dengan *power* 2530 mV. Pada rentang frekuensi 592 Hz – 1184 Hz *power*nya menurun dengan nilai diatas 500 mV. Pada frekuensi 1480 Hz – 2952 Hz, *power* naik-turun dan nilainya mendekati 1000 mV.

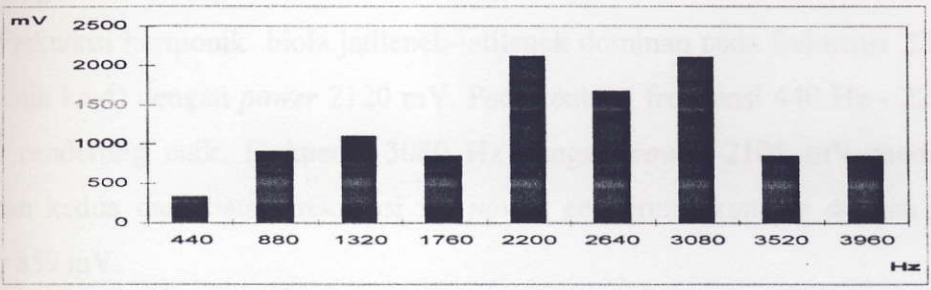
4.7.3. Spektrum frekuensi *top plate* akibat bergetarnya senar A.

Spektrum frekuensi pada *top plate* akibat bergetarnya senar A pada biola *spruce-maple*, biola jatilenek-jetilenek, biola pinus-pinus dan biola pinus-mahoni dapat dilihat pada gambar 4.17, 4.18, 4.19 dan 4.20.

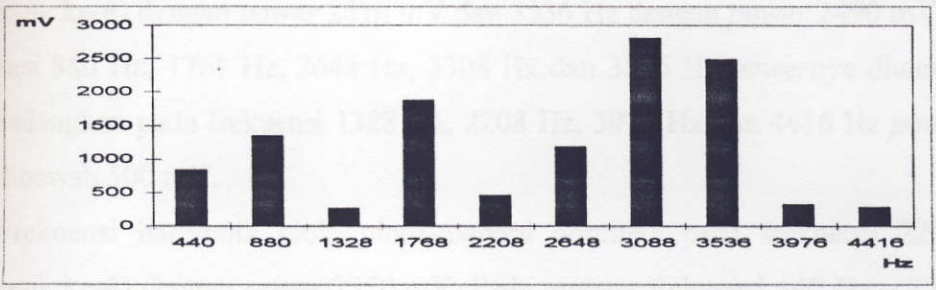
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



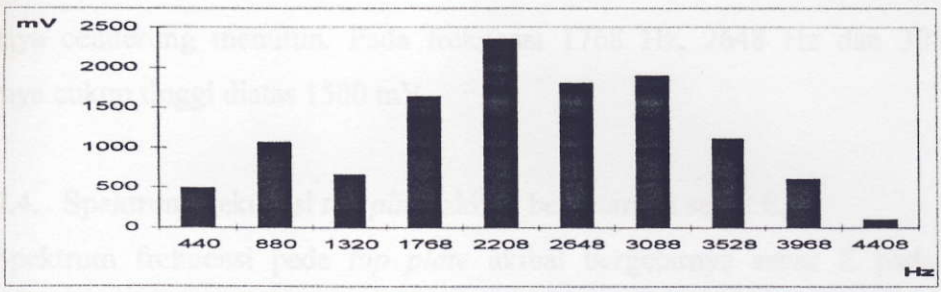
Gambar 4.18. Spektrum frekuensi pada *top plate* biola SM akibat getaran senar A.



Gambar 4.19. Spektrum frekuensi pada *top plate* biola JJ akibat getaran senar A.



Gambar 4.20. Spektrum frekuensi pada *top plate* biola PP akibat getaran senar A.



Gambar 4.21. Spektrum frekuensi pada *top plate* biola PM akibat getaran senar A.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Nooi Rahmad Ir Sjaeful, M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Frekuensi dasar biola *spruce-maple* adalah 440 Hz dengan *power* 234 mV, biola jatilenek-jatilenek frekuensi dasarnya 440 Hz dengan *power* 337 mV, biola pinus-pinus frekuensi dasarnya 440 Hz dengan *power* 830 mV dan biola pinus-mahoni frekuensi dasarnya 440 Hz dengan *power* 490 mV.

Frekuensi harmonik biola *spruce-maple* dominan pada frekuensi 2200 Hz (harmonik ke-4) dengan *power* 2240 mV. Kekuatan frekuensi harmonik cenderung naik pada frekuensi 440 Hz - 1320 Hz. Sedangkan diatas frekuensi 2640 Hz *power* cenderung konstan dengan nilai dibawah 500 mV.

Frekuensi harmonik biola jatilenek-jatilenek dominan pada frekuensi 2200 Hz (harmonik ke-4) dengan *power* 2120 mV. Pada rentang frekuensi 440 Hz - 2200 Hz *power* cenderung naik. Frekuensi 3080 Hz dengan *power* 2105 mV merupakan dominan kedua dan diatas frekuensi ini *power* cenderung konstan dengan *power* sekitar 859 mV.

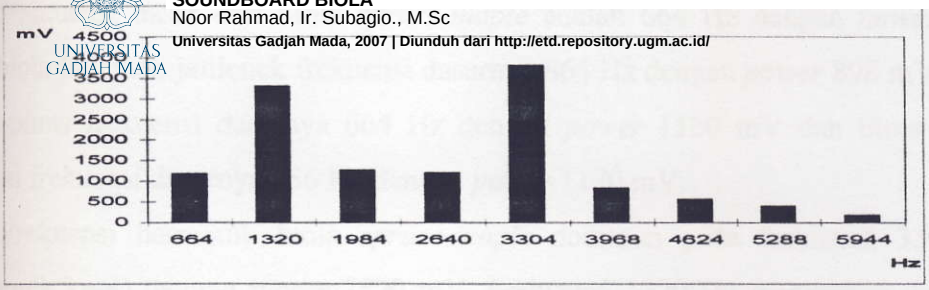
Frekuensi harmonik biola pinus-pinus dominan pada frekuensi 3088 Hz (harmonik ke-6) dengan *power* 2810 mV dan 3536 Hz dengan *power* 2490 mV. Pada frekuensi 880 Hz, 1768 Hz, 2648 Hz, 3308 Hz dan 3536 Hz *power*nya diatas 1000 mV. Sedangkan pada frekuensi 1328 Hz, 2208 Hz, 3976 Hz dan 4416 Hz *power*nya kecil dibawah 500 mV.

Frekuensi harmonik biola pinus-mahoni dominan pada frekuensi 2208 Hz (harmonik ke-4) dengan *power* 2350 mV. Pada rentang frekuensi 440 Hz – 2208 Hz *power*nya naik dengan nilai diatas 1000 mV. Pada frekuensi 2648 Hz – 4408 Hz, *power*nya cenderung menurun. Pada frekuensi 1768 Hz, 2648 Hz dan 3088 Hz *power*nya cukup tinggi diatas 1500 mV.

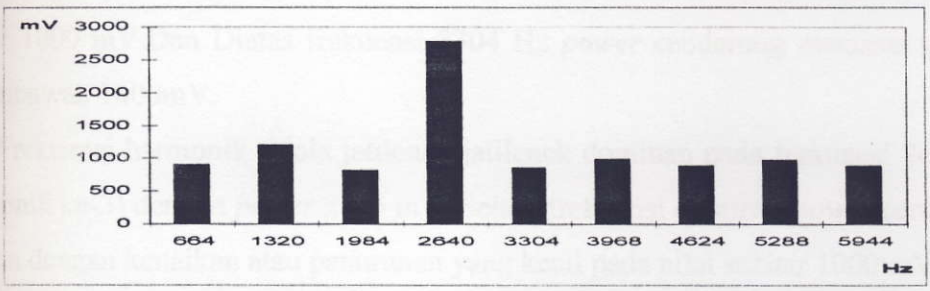
4.7.4. Spektrum frekuensi *top plate* akibat bergetarnya senar E.

Spektrum frekuensi pada *top plate* akibat bergetarnya senar E pada biola *spruce-maple*, biola jatilenek-jetilenek, biola pinus-pinus dan biola pinus-mahoni dapat dilihat pada gambar 4.21, 4.22, 4.23 dan 4.24.

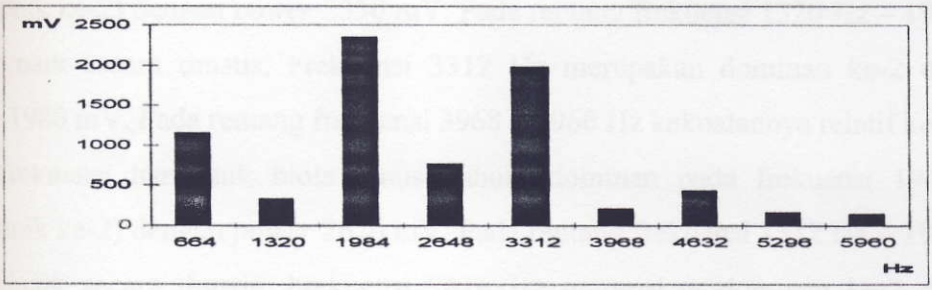
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



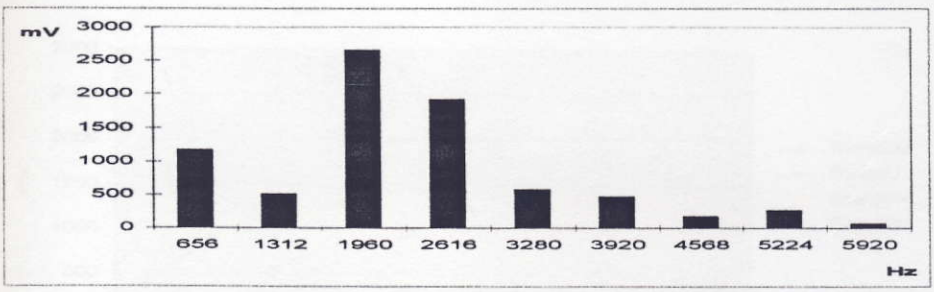
Gambar 4.22. Spektrum frekuensi pada *top plate* biola SM akibat getaran senar E.



Gambar 4.23. Spektrum frekuensi pada *top plate* biola JJ akibat getaran senar E.



Gambar 4.24. Spektrum frekuensi pada *top plate* biola PP akibat getaran senar E.



Gambar 4.25. Spektrum frekuensi pada *top plate* biola PM akibat getaran senar E.

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, M. Subagio, M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

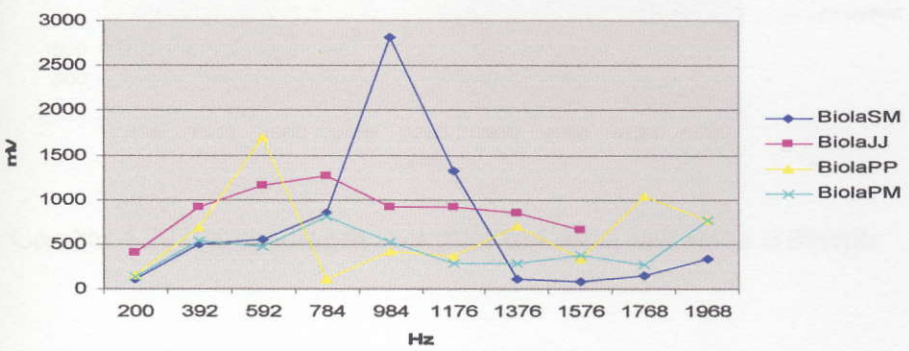
Frekuensi dasar biola *spruce-maple* adalah 664 Hz dengan *power* 1180 mV, biola jatilenek-jatilenek frekuensi dasarnya 664 Hz dengan *power* 898 mV, biola pinus-pinus frekuensi dasarnya 664 Hz dengan *power* 1160 mV dan biola pinus-mahoni frekuensi dasarnya 656 Hz dengan *power* 1170 mV.

Frekuensi harmonik biola *spruce-maple* dominan pada frekuensi 3304 Hz (harmonik ke-4) dengan *power* 3820 mV. Frekuensi 1320 Hz merupakan dominan kedua dengan power 3310 mV. Frekuensi 664 Hz, 1984 Hz dan 2640 memiliki *power* sekitar 1000 mV.Dan Diatas frekuensi 3304 Hz *power* cenderung menurun dengan nilai dibawah 1000mV.

Frekuensi harmonik biola jatilenek-jatilenek dominan pada frekuensi 2640 Hz (harmonik ke-3) dengan *power* 2785 mV. Selain frekuensi dominan *power* cenderung konstan dengan kenaikan atau penurunan yang kecil pada nilai sekitar 1000 mV.

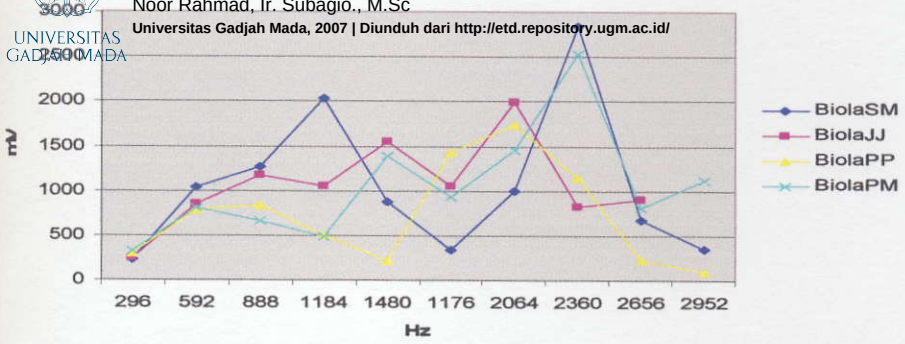
Frekuensi harmonik biola pinus-pinus dominan pada frekuensi 1984 Hz (harmonik ke-2) dengan *power* 2350 mV. Pada rentang frekuensi 1320 Hz – 1984 Hz *power* naik secara drastis. Frekuensi 3312 Hz merupakan dominan ke-2 dengan *power* 1980 mV. Pada rentang frekuensi 3968 – 5960 Hz kekuatannya relatif kecil.

Frekuensi harmonik biola pinus-mahoni dominan pada frekuensi 1960 Hz (harmonik ke-2) dengan *power* 2670 mV. Pada rentang frekuensi 1312 Hz – 1960 Hz *power* naik secara drastis. Frekuensi 2616 Hz merupakan dominan ke-2 dengan *power* 1920 mV. Pada rentang frekuensi 3280 – 5920 Hz kekuatannya relatif kecil.

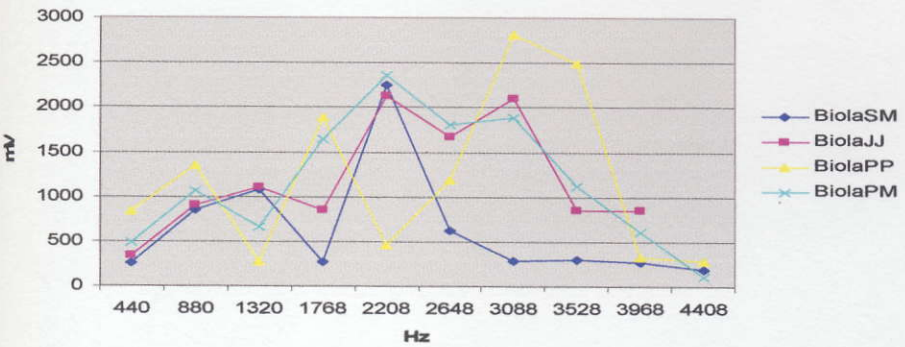


Gambar 4.26. Perbandingan spektrum frekuensi saat senar G dipetik

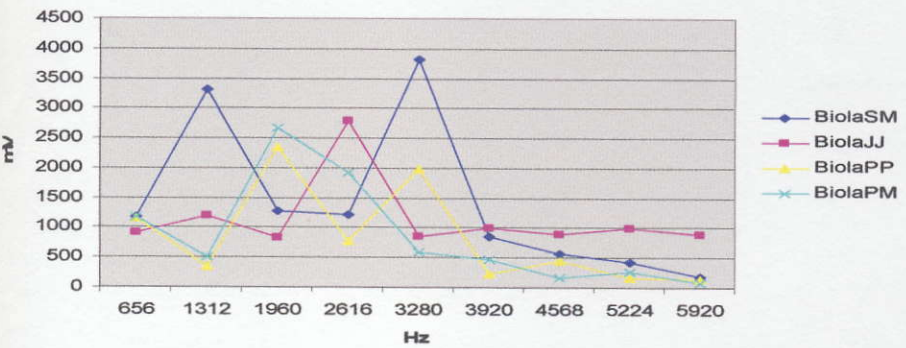
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 4.27. Perbandingan spektrum frekuensi saat senar D dipetik.



Gambar 4.28. Perbandingan spektrum frekuensi saat senar A dipetik.



Gambar 4.29. Perbandingan spektrum frekuensi saat senar E dipetik.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini diperoleh kesimpulan :

1. Sifat-sifat akustik kayu meliputi admitan akustik, faktor redaman dan efisiensi konversi akustiknya. Nilai admitan akustik kayu dari yang terbesar adalah sengon 12,08, pinus 9,36, *spruce* 9,02, uru 9,00, jatilenek 7,57, berura 7,42, rowo 5,14, mahoni 4,59, sonokembang 3,92, dan akasia 2,75. Faktor redaman kayu dari yang terendah adalah *spruce* 0,025, berura 0,036, rowo 0,038, jatilenek 0,039, pinus 0,042, uru 0,044, sengon 0,045, sonokembang 0,069, akasia 0,056 dan mahoni 0,078. Sedangkan efisiensi konversi akustik dari yang terbesar adalah *spruce* 360,80, sengon 268,44, pinus 222,86, berura 206,11, uru 204,55, jatilenek 194,10, rowo 135,26, mahoni 58,85, sonokembang 56,81 dan akasia 49,11.
2. Berdasarkan data sifat akustik yang diperoleh dan mempertimbangkan nilai estetika yang meliputi serat yang halus, corak yang indah dan massa yang ringan, maka kayu Indonesia yang memiliki kualitas mendekati *spruce* dan baik untuk digunakan sebagai *soundboard* biola adalah jatilenek, pinus dan uru.
3. Berdasarkan pengujian faktor redaman *top plate* akibat bergetarnya senar-senar biola, maka biola jatilenek-jatilenek memiliki redaman yang rendah dan mendekati biola *spruce-maple* untuk nada G, D dan E. Sedangkan berdasarkan analisa perbandingan spektrum frekuensi maka biola jatilenek-jatilenek memiliki *pitch* dan *timbre* yang mendekati karakteristik biola *spruce-maple* saat senar D, A dan E bergetar.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

V.2. Saran

1. Kayu lokal dari Indonesia yang lain hendaknya diteliti lebih lanjut untuk melengkapi data sifat-sifat akustik kayu Indonesia.
2. Biola dengan *top plate* kayu berura dan uru hendaknya diteliti untuk mengetahui spektrum frekuensi dan faktor redaman strukturalnya.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2007, *Teknologi Peningkatan Mutu Kayu Bangunan untuk Perumahan*, Dinas Pertanian dan Kehutanan DKI Jakarta, Jakarta.

Anonim, 2007, Violin, http://savage-comedy.com/_Violin, on line 2 june 2007.

Beards, C.F., 1983, *Structural Vibration Analysis*, Ellis Horwood ltd., Brisbane, Queensland, Australia.

Bretos, J., Santamaria, C., Moral, J.A., 1999, Vibrational patterns and frequency responses of the free plates and box of a violin obtained by finite element analysis, JASA, Vol.105, Issue 3, pp. 1942-1950.

Bucur, V., Lanceleur, P., Roge, B., 2002, Acoustic properties of wood in tridimensional representation of slowness surfaces, Ultrasonic, Vol. 40, Issues 1-8, Pages 537-541.

Dhony, 2004, *Penelitian Sifat Akustik Biola yang Terbuat dari Kayu Indonesia*, Skripsi, Jurusan teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Haines, D., 2000, The Essential Mechanical Properties of wood Prepared for Musical Instruments, CAS Journal, Vol.4, No. 2 pp 20-32.

Hansi, 2007, Construction of Violin, http://www.centrum.is/hansi/construction.html, on line 25 may 2007.

Hasby, E., 2003, Petik Gitar di Baki, http://www.kompas.com, online 2 june 2007.

Jansson, 2002, *Acoustics for Violin and Guitar Maker*, 4th ed., Chapter V, http://www.speech.kth.se/music/acviguit4/part5.pdf. on line 2 june 2007.

John, 2004, *Penelitian Getaran Top Plate pada Biola yang Terbuat dari Kayu Indonesia*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Inman, D.J., 1996, *Engineering Vibration*, Prentice Hall Inc., New Jersey.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Martawijaya, A. et al., 1992, *Indonesian Wood Atlas*, AFPRDC, AFRD, Dept. of Forestry, Bogor, Indonesia p:60.

Muller, M., Sugiyama, J., Hori, R., Lichtenegger, H., 2001, Acoustic properties of softwoods and their biological diversity: Why is Norway spruce superior for musical instruments?, www.esrf.eu, on line 25 may 2007.

Noyce, I., 2007, Articles : Wood Data, Ballarat, Australia, http://www.noyceguitars.com/Technotes/Articles/T2.html. on line 25 may 2007.

Ogi, 2005, Secco Gitar akustik Pribadi, http://www.republika.co.id, online 22 may 2007.

Porges, G., 1977, *Applied Acoustics*, Edward Arnold Ltd., Bedford Square, London.

Pytel, A., and Kiusalaas, J., 2003, *Mechanics of Materials*, Thomson Learning Inc., Singapore.

Subagio, 2005, Penelitian Sifat-sifat Akustik Kayu Indonesia, Yogyakarta, tidak diterbitkan.

Thomson, W.T., 1986, *Teori Getaran dengan Penerapan*, edisi ke-2, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Ulrike, G.K., 2006, Wood for Sound, American Journal of Botany, October, Vol.93, No.10. pp1439-1448.

Wolfe, J., 2007, Violin Acoustics : An Introduction, http://www.phys.unsw.edu.au/jw/violintro.html, online 2 june 2007.

WWF, 2004, Indonesia Forest Fact Sheet, http://www.forestandtradeasia.org, online 21 may 2007.

Yano, H.,and Minato, K., Improvement of The Acoustic and Hygroscopic Properties of Wood by Chemical Treatment and Application to The Violin Parts, JASA, Vol.92, No.3. pp 1222-1227.

Yano, H., Furuta, Y.,and Nakagawa, H., 1997, Materials for Guitar Back Plates Made from Sustainable Forest Resources, JASA, Vol.101, No.2. pp 1112-1119.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

TABEL-TABEL TINJAUAN PUSTAKA

Tabel 2.1. Sifat-sifat akustik kayu sebagai bahan pelat depan dan belakang gitar

Jenis Kayu		γ	E_L/γ (Gpa)	E_{CL}/γ (Gpa)	$\tan\delta_L$ ($\times 10^{-3}$)	$\tan\delta_{CL}$ ($\times 10^{-2}$)
Brazilian rosewood (Dalbergia nigra)	AVE s.d. sampel	0.864 0.083 113	18.1 3.3 113	2.32 0.42 59	5.83 1.57 113	1.47 0.43 59
Indian rosewood (Dalbergia latifolia)	AVE s.d. sampel	0.775 0.050 72	17.4 2.9 72	3.00 0.60 71	7.37 1.16 72	1.46 0.23 71
German spruce (Picea abies)	AVE s.d. sampel	0.426 0.041 179	26.0 3.4 179	1.78 0.40 30	6.86 0.76 179	1.80 0.12 30
Western red cedar (Thuja plicata)	AVE s.d. sampel	0.354 0.023 164	20.7 2.8 164	1.79 0.42 55	4.84 0.52 164	1.04 0.08 55

Tabel 2.2. *Stiffness* (modulus elastisitas (GPa), Haines, 2000)

	shear	longitudinal	radial
Spruce	0.84 GPa	15 GPa	0.76 GPa
Maple (Czech)	1.7*	10	2.0
Cedar (red)	0.65	9.1	0.72
Mahogany (Khaya)	0.63	12	0.90
Rosewood (Indian)	2.2	13	2.4
(Brazilian)	3.0	16	2.8

* for German subset no data for Czech one. GPa stand for billions of Pa (Pascal).

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

lanjutan

Jatilenek				Mahoni			
No.	Pitch	Frekuensi (Hz)	C (m/s)	No	Pitch	Frekuensi (Hz)	C (m/s)
1	G-30	385.01	3850.1	1	C#	277.18	2771.8
2	G#-30	408.31	4083.1	2	D	293.66	2936.6
3	G+15	395.5	3955	3	C	261.63	2616.3
4	A#+45	478.63	4786.3	4	C#-30	272.24	2722.4
5	G+15	395.5	3955	5	C#+10	278.83	2788.3
6	G+20	396.66	3966.6	6	D#	311.13	3111.3
7	G#-40	429.54	4295.4	7	C#+40	283.77	2837.7
8	A#+30	474.48	4744.8	8	C+30	266.29	2662.9
9	G#+20	420.24	4202.4	9	D-30	288.42	2884.2
10	G#-50	402.95	4029.5	10	C#-30	272.24	2722.4
11	G-40	382.68	3826.8	11	D+40	300.64	3006.4
12	G-30	385.01	3850.1	12	C#-15	274.71	2747.1
				13	C-30	256.96	2569.6
				14	C-30	256.96	2569.6
				15	D	293.66	2936.6
				16	C#+10	278.83	2788.3
				17	C+30	266.29	2662.9
				18	D-30	288.12	2881.2
				19	C+20	264.74	2647.4
				20	C-5	260.85	2608.5
	Rata-rata	**412.8758**	**4128.758**		**Rata-rata**	**277.3575**	**2773.575**

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio, M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 2.3. *Density* (kg/m^3, Haines, 2000)

Spruce	460 kg/m^3
Maple (Czech)	620
Cedar (red)	390
Mahogany (Khaya)	550
Rosewood (Indian)	730
(Brazilian)	830
Ebony	1200*

Tabel 2.4. *Internal friction* dalam bentuk bandwidths pada frekuensi rendah (200 - 1000 Hz) dan tinggi (10 000 - 15 000 Hz) untuk longitudinal dan radial bar (bandwidth B Hz pada frekuensi F kHz, B = F x *log decrement* x 3.14, dihitung dari data Haines).

	B longitudinal			B radial		
Spruce		5.2	239		6.6	232
Maple (Czech)	5.5	226		4.6	493	
Cedar (red)		5.6	173		4.0	146
Mahogany (Khaya)		3.8	321		4.2	402
Rosewood (Indian)		2.0	351		3.9	203
(Brazilian)		1.9	116		3.0	141

Tabel 2.5. *Acoustical admittance* kayu-kayu lokal (Subagio, 2005)

No	Jenis Kayu	E (GN/m$^{3)}$	ρ (kg/m^3)	c (m/s)	D=c/ ρ	Daerah asal
1	Bangkirai	18,34	960,6	4221	4,41 – 4,55	Kalimantan
2	Mahoni	10,99	597,4	3981	6,66 – 7,18	Ponorogo
3	Waru Gunung	9,37	520	4730	8,16 – 9,10	Wonosobo
4	Sonokeling	11,28	799,4	4340	4,70 – 5,43	Yogyakarta
5	Sonokembang	16,39	870,3	3775	4,34 – 4,99	Pasuruan
6	Mindi	10,85	584,8	4012	6,86 – 7,36	Yogyakarta
7	Pinus	10,21	599,4	4695	6,89 – 7,83	Pekalongan

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio , M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

8	Akasia	14,19	750	3940	5,80 – 6,43	Yogyakarta
9	Sengon	6,13	398,6	4603	9,84 – 11,55	Wonosobo
10	Jelutung	3,97	294,8	3875	2,45 – 3,14	Kalimantan

Tabel 2.6. *Pitch* dan sifat-sifat fisik 40 jenis kayu (Noyce, 2007).

Sample	Grain Angle	Pitch	Mass (Kg)	f (Hz)	C (m/sec)	D (Kg/m3)	E (GN/m2)	C/D
Beefwood	45	E4+35	0.077	336.4	3364	962.5	10.89	3.50
Belah	70	F#4+23	0.103	375	3750	1281.25	18.02	2.97
Black Wattle (Early)	85	C#5-30	0.075	545	5450	937.5	27.85	5.81
Blackwood (Gippsland)	85	A4-15	0.058	436	4360	725	13.78	6.01
Blackwood (Otways)	85	G#4-10	0.057	412	4120	712.5	12.09	5.78
Brazillian Mahogany	90	B4+10	0.043	497	4970	537.5	13.28	9.24
Ebony	45	G#4-35	0.087	407	4070	1087.5	18.01	3.74
Gidgee	90	F4+40	0.103	357.4	3574	1287.5	16.45	2.78
Gombriera	45	A#4	0.099	466	4660	1237.5	26.87	3.77
Honduras Rosewood 1	80	C5-5	0.084	521.7	5217	1050	28.58	4.97
Honduras Rosewood 2	10	A4+50	0.084	453	4530	1050	21.55	4.31
Indian Rosewood	80	G4+45	0.071	402.5	4025	887.5	14.38	4.54
Jarrah	45	B4+5	0.075	495	4950	937.5	22.97	5.28
Jarrah Jarrah	75	F#4-35	0.064	363	3630	800	10.54	4.54
Leopard Wood	80	G4 - 40	0.067	383	3830	831.25	12.19	4.61

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Mineritchie	45	F#-28	0.070	364	3640	868.75	11.51	4.19
Mountain Ash (Fb)	90	F#4+40	0.045	378.6	3786	562.5	8.06	6.73
Myrtle	70	A#4+20	0.059	445.1	4451	737.5	14.61	6.04
Native Cherry	80	F4+10	0.061	351	3510	762.5	9.39	4.60
New Guinea Rosewood 1	80	A4+10	0.052	443	4430	650	12.76	6.82
New Guinea Rosewood 2	45	B4-15	0.051	490	4900	637.5	15.31	7.69
Norfolk Pine	50	C5+10	0.036	526	5260	450	12.45	11.69
Palm	90	B4-20	0.102	488	4880	1275	30.36	3.83
Poplar	80	B4+50	0.040	508	5080	500	12.90	10.16
Queensland Walnut	90	A4-10	0.058	437.5	4375	725	13.88	6.03
Queensland Walnut- 2	70	G4-30	0.049	385	3850	612.5	9.08	6.29
River She-Oak	80	F#-40	0.057	361.5	3615	712.5	9.31	5.07
Rock Maple	80	G#4+20	0.058	420	4200	725	12.79	5.79
Sitka Spruce	70	C5-10	0.031	520.2	5202	387.5	10.49	13.42
Wandoo	40	G#4+5	0.090	417	4170	1125	19.56	3.71
Western Red Cedar	90	B4+20	0.035	500	5000	437.5	10.94	11.43
Huon Pine	90	F4-40	0.041	341	3410	512.5	5.96	6.65
Syrian Cedar	45	B4+10	0.032	497	4970	400	9.88	12.43
Kamper	80	C5+5	0.061	525	5250	762.5	21.02	6.89
Sengon	40	A4-40	0.031	430	4300	387.5	7.16	11.10
Senu	40	B4-35	0.037	484	4840	462.5	10.83	10.46
Akasia	40	G4+10	0.049	394	3940	612.5	9.51	6.43
Sono	80	A4-20	0.060	435	4350	750	14.19	5.80
Waru	40	G4+50	0.041	403	4030	512.5	8.32	7.86

DATA HASIL PENELITIAN
MASSA JENIS KAYU

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Ukuran Spesimen

Tebal = 8 mm
Lebar = 34.8 mm
Panjang= 288 mm
Volume = **80179.2** mm^3

Jenis Spesimen	No. Spesimen	Massa (gram)	ρ (g/mm^3)	ρ (kg/m^3)	ρ rata-rata (kg/m^3)
Akasia	1	77.90	0.000972	971.57	
	2	81.09	0.001011	1011.36	
	3	77.70	0.000969	969.08	
	4	77.12	0.000962	961.85	
	5	81.98	0.001022	1022.46	
	6	83.65	0.001043	1043.29	
	7	78.90	0.000984	984.05	
	8	73.70	0.000919	919.19	
	9	82.31	0.001027	1026.58	
	10	81.46	0.001016	1015.97	
	11	82.09	0.001024	1023.83	
	12	81.81	0.001020	1020.34	988.05
	13	75.33	0.000940	939.52	
	14	81.78	0.001020	1019.97	
	15	81.36	0.001015	1014.73	
	16	76.00	0.000948	947.88	
	17	78.90	0.000984	984.05	
	18	75.87	0.000946	946.26	
	19	77.00	0.000960	960.35	
	20	82.59	0.001030	1030.07	
	21	76.74	0.000957	957.11	
	22	77.59	0.000968	967.71	
Berura	1	48.21	0.000601	601.28	
	2	41.86	0.000522	522.08	
	3	48.73	0.000608	607.76	
	4	42.40	0.000529	528.82	
	5	41.39	0.000516	516.22	
	6	48.18	0.000601	600.90	
	7	42.44	0.000529	529.31	553.04
	8	42.36	0.000528	528.32	
	9	45.47	0.000567	567.10	
	10	50.00	0.000624	623.60	
	11	40.31	0.000503	502.75	
	12	40.76	0.000508	508.36	

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Jenis Spesimen	No. Spesimen	Massa (gram)	ρ (g/mm^3)	ρ (kg/m^3)	ρ rata-rata
Jatilenek	1	42.34	0.000528	528.07	545.33
	2	42.93	0.000535	535.43	
	3	44.18	0.000551	551.02	
	4	43.07	0.000537	537.17	
	5	45.97	0.000573	573.34	
	6	41.34	0.000516	515.60	
	7	42.38	0.000529	528.57	
	8	41.83	0.000522	521.71	
	9	45.89	0.000572	572.34	
	10	43.28	0.000540	539.79	
	11	45.74	0.000570	570.47	
	12	45.74	0.000570	570.47	
Mahoni	1	46.36	0.000578	578.20	604.17
	2	45.94	0.000573	572.97	
	3	43.97	0.000548	548.40	
	4	47.93	0.000598	597.79	
	5	54.56	0.000680	680.48	
	6	50.75	0.000633	632.96	
	7	44.23	0.000552	551.64	
	8	48.26	0.000602	601.90	
	9	48.56	0.000606	605.64	
	10	45.08	0.000562	562.24	
	11	40.16	0.000501	500.88	
	12	48.82	0.000609	608.89	
	13	43.91	0.000548	547.65	
	14	50.09	0.000625	624.73	
	15	56.08	0.000699	699.43	
	16	47.89	0.000597	597.29	
	17	51.46	0.000642	641.81	
	18	50.10	0.000625	624.85	
	19	52.68	0.000657	657.03	
	20	52.00	0.000649	648.55	

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio , M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Jenis Spesimen	No. Spesimen	Massa (gram)	ρ (g/mm^3)	ρ (kg/m^3)	ρ rata-rata
Pinus	1	36.45	0.000455	454.61	
	2	55.49	0.000692	692.07	
	3	37.00	0.000461	461.47	
	4	48.92	0.000610	610.13	
	5	42.78	0.000534	533.55	
	6	42.00	0.000524	523.83	544.48
	7	42.39	0.000529	528.69	
	8	41.78	0.000521	521.08	
	9	43.00	0.000536	536.30	
	10	41.34	0.000516	515.60	
	11	49.07	0.000612	612.00	
Rowo	1	46.07	0.000575	574.59	
	2	36.08	0.000450	449.99	
	3	43.61	0.000544	543.91	
	4	41.16	0.000513	513.35	
	5	43.46	0.000542	542.04	
	6	41.48	0.000517	517.34	
	7	45.15	0.000563	563.11	
	8	45.16	0.000563	563.24	
	9	42.18	0.000526	526.07	
	10	43.50	0.000543	542.53	
	11	42.76	0.000533	533.31	
	12	43.37	0.000541	540.91	532.09
	13	37.97	0.000474	473.56	
	14	41.41	0.000516	516.47	
	15	41.78	0.000521	521.08	
	16	44.06	0.000550	549.52	
	17	42.43	0.000529	529.19	
	18	43.31	0.000540	540.17	
	19	39.44	0.000492	491.90	
	20	42.48	0.000530	529.81	
	21	42.78	0.000534	533.55	
	22	45.91	0.000573	572.59	
	23	45.23	0.000564	564.11	
	24	43.12	0.000538	537.80	

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Jenis Spesimen	No. Sp	Massa			ρ rata-rata (kg/m³)
Sengon	1	31.08	0.000388	387.63	
	2	32.77	0.000409	408.71	
	3	31.59	0.000394	393.99	
	4	31.55	0.000393	393.49	
	5	28.28	0.000353	352.71	404.90
	6	35.38	0.000441	441.26	
	7	34.04	0.000425	424.55	
	8	36.04	0.000449	449.49	
	9	31.45	0.000392	392.25	
Sonokembang	1	64.31	0.000802	802.08	
	2	65.62	0.000818	818.42	
	3	65.62	0.000818	818.42	
	4	66.38	0.000828	827.90	
	5	65.65	0.000819	818.79	
	6	73.04	0.000911	910.96	
	7	69.11	0.000862	861.94	
	8	65.00	0.000811	810.68	
	9	70.58	0.000880	880.28	
	10	64.10	0.000799	799.46	
	11	73.55	0.000917	917.32	
	12	66.50	0.000829	829.39	832.37
	13	68.58	0.000855	855.33	
	14	65.44	0.000816	816.17	
	15	61.91	0.000772	772.15	
	16	59.10	0.000737	737.10	
	17	57.82	0.000721	721.13	
	18	70.05	0.000874	873.67	
	19	70.84	0.000884	883.52	
	20	68.41	0.000853	853.21	
	21	68.98	0.000860	860.32	
	22	65.93	0.000822	822.28	
	23	68.48	0.000854	854.09	

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Jenis Spesimen	No. Sp	Massa	ρ (g/mm^3)	ρ (kg/m^3)	ρ rata-rata
Uru	1	36.64	0.000457	456.98	
	2	34.92	0.000436	435.52	
	3	33.73	0.000421	420.68	
	4	35.28	0.000440	440.01	
	5	37.08	0.000462	462.46	
	6	37.64	0.000469	469.45	
	7	34.92	0.000436	435.52	
	8	37.18	0.000464	463.71	
	9	41.46	0.000517	517.09	
	10	30.74	0.000383	383.39	
	11	29.11	0.000363	363.06	461.36
	12	39.11	0.000488	487.78	
	13	37.11	0.000463	462.84	
	14	34.90	0.000435	435.27	
	15	40.40	0.000504	503.87	
	16	46.57	0.000581	580.82	
	17	36.53	0.000456	455.60	
	18	36.80	0.000459	458.97	
	19	37.60	0.000469	468.95	
	20	40.68	0.000507	507.36	
	21	38.42	0.000479	479.18	

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Oleh: Muhamad, Ir Sabarnio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Jenis Spesimen	Spesimen	[illegible]	[illegible]	[illegible]	ρ rata-rata (kg/m^3)
Spruce	1	31.34	0.000391	390.87	
	2	36.33	0.000453	453.11	
	3	30.79	0.000384	384.01	
	4	29.62	0.000369	369.42	
	5	29.87	0.000373	372.54	
	6	30.27	0.000378	377.53	
	7	41.17	0.000513	513.47	
	8	37.56	0.000468	468.45	
	9	40.87	0.000510	509.73	
	10	29.74	0.000371	370.92	
	11	30.89	0.000385	385.26	
	12	29.86	0.000372	372.42	
	13	38.69	0.000483	482.54	414.53
	14	32.17	0.000401	401.23	
	15	29.94	0.000373	373.41	
	16	39.84	0.000497	496.89	
	17	38.66	0.000482	482.17	
	18	29.45	0.000367	367.30	
	19	30.19	0.000377	376.53	
	20	27.72	0.000346	345.73	
	21	34.02	0.000424	424.30	
	22	33.25	0.000415	414.70	
	23	31.38	0.000391	391.37	
	24	36.13	0.000451	450.62	
	25	31.17	0.000389	388.75	

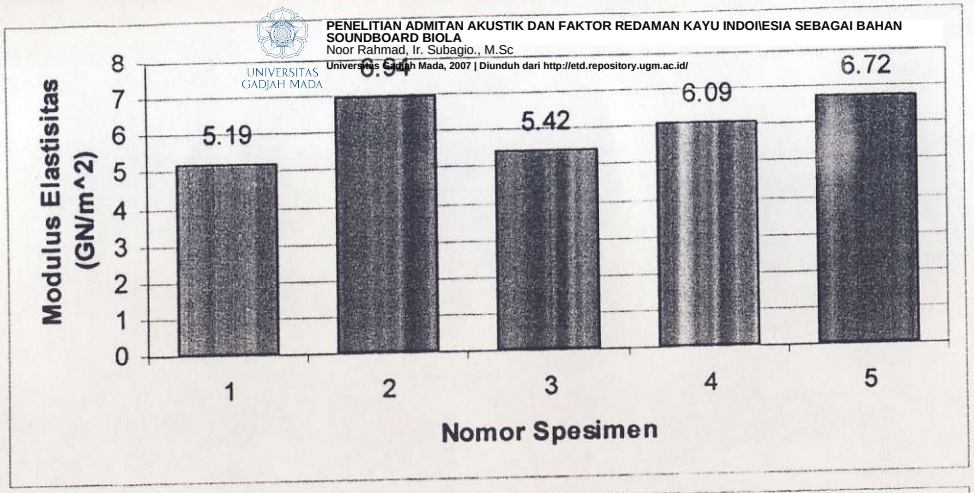
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Nor Ahmad / Ir. Sudaryo, M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

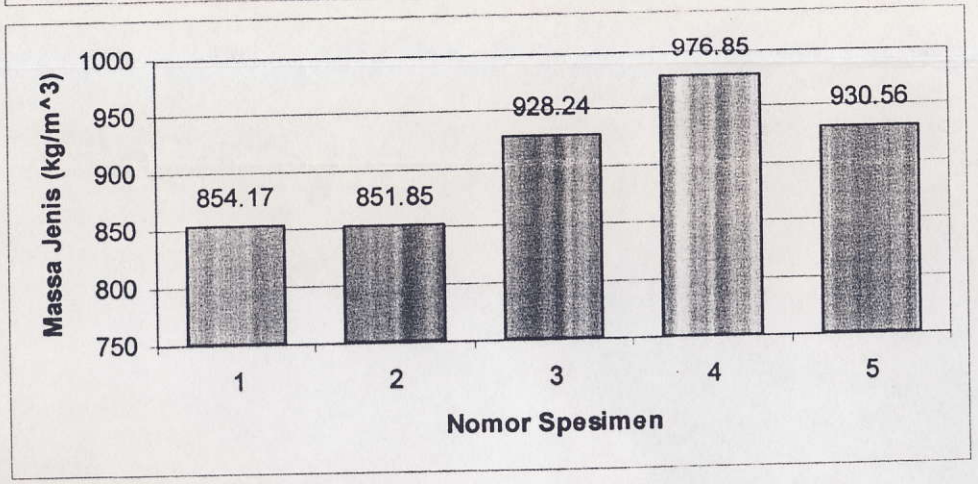
DATA HASIL PENELITIAN MODULUS ELASTISITAS KAYU

1. Kayu Akasia

No	Defleksi (mm)	Gaya (kg)					Modulus Elastisitas (GN/m^2)				
		1	2	3	4	5	E1	E2	E3	E4	E5
1	0	0	0	0	0	0					
2	0.25	2.3	5.8	5.2	5.2	3.9	2.54	6.39	5.73	5.73	4.30
3	0.5	5.1	13	9.6	10.8	13	2.81	7.17	5.29	5.95	7.17
4	0.75	10.2	19	14.9	15.3	19.9	3.75	6.98	5.48	5.62	7.31
5	1	15.4	25.7	19.9	21.9	24.7	4.24	7.08	5.48	6.04	6.81
6	1.25	21	30.3	24.6	25.7	28.8	4.63	6.68	5.42	5.67	6.35
7	1.5	26	36.9	29	31.7	34.8	4.78	6.78	5.33	5.82	6.39
8	1.75	30.2	43.5	33.2	37.8	41.8	4.76	6.85	5.23	5.95	6.58
9	2	35.2	50.3	38.7	43.8	47.5	4.85	6.93	5.33	6.04	6.55
10	2.25	40.6	56.8	43.9	49.8	53.3	4.97	6.96	5.38	6.10	6.53
11	2.5	46.3	62.3	49	55.6	60.2	5.10	6.87	5.40	6.13	6.64
12	2.75	51.9	68.6	54.2	62.5	68.1	5.20	6.88	5.43	6.26	6.83
13	3	57.7	75.4	59.2	68.2	73.2	5.30	6.93	5.44	6.27	6.73
14	3.25	62.5	82	63.7	73.6	78.9	5.30	6.95	5.40	6.24	6.69
15	3.5	68.1	88.6	69.3	80.4	85.4	5.36	6.98	5.46	6.33	6.73
16	3.75	73.6	95.2	73.7	85.5	91.5	5.41	7.00	5.42	6.28	6.73
17	4	79.5	101.9	79.3	92.4	98.9	5.48	7.02	5.46	6.37	6.81
18	4.25	86		84.2	98.6		5.58		5.46	6.39	
19	4.5	91.1		89.7			5.58		5.49		
20	4.75	96.9		95.2			5.62		5.52		
21	5	102.5		99.6			5.65		5.49		
22	5.25	108.3					5.69				
						E rata	5.19	6.94	5.42	6.09	6.72
						E Akasia	6.07				
						Deviasi	0.41	0.12	0.08	0.24	0.26
						ρ	854.17	851.85	928.24	976.85	930.56

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



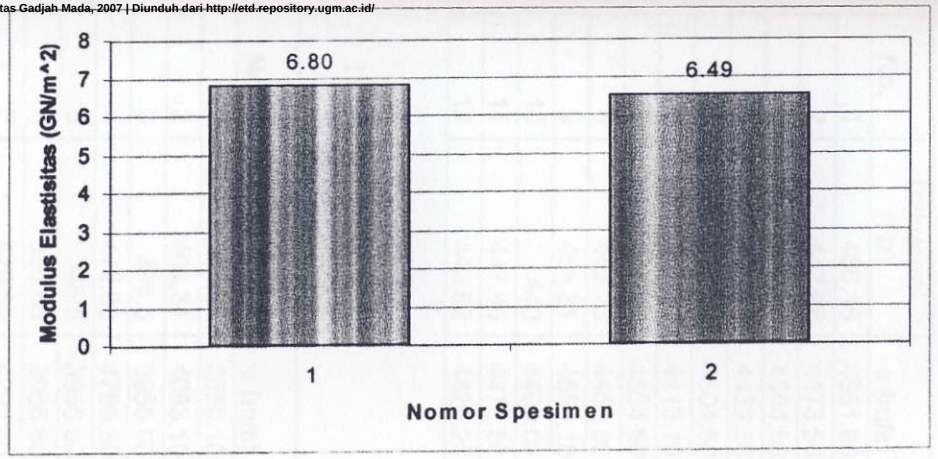


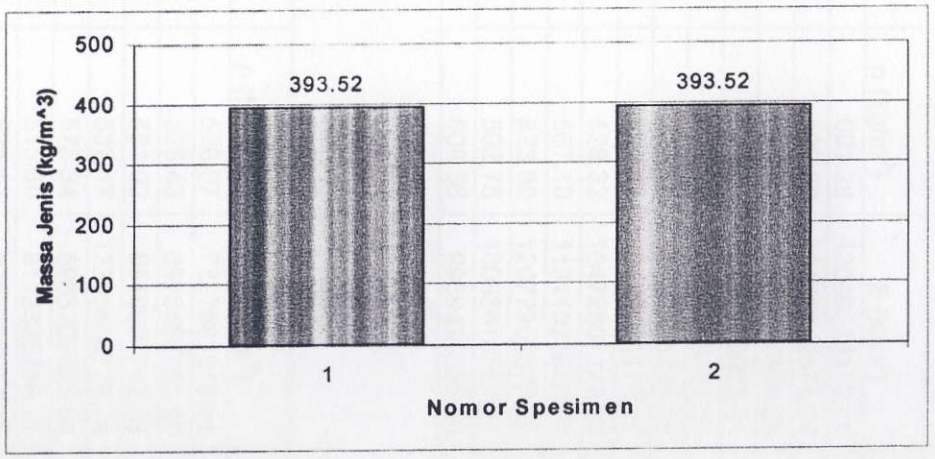
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

8. Kayu Spruce

No	Defleksi (mm)	Spruce		E (GN/m^2)	
		1	2	SP1	SP2
1	0				
2	0.25	3.5	3.5	3.86	3.86
3	0.5	8.3	8.3	4.58	4.58
4	0.75	14.7	14.5	5.40	5.33
5	1	21.8	20.9	6.01	5.76
6	1.25	27.1	26.3	5.98	5.80
7	1.5	33.8	32.3	6.21	5.94
8	1.75	42.5	40.3	6.69	6.35
9	2	50.5	47.1	6.96	6.49
10	2.25	58.2	54.8	7.13	6.71
11	2.5	64.7	61.5	7.13	6.78
12	2.75	72.2	68.9	7.24	6.91
13	3	79.7	75.3	7.32	6.92
14	3.25	87.7	81.8	7.44	6.94
15	3.5	94.4	88.9	7.43	7.00
16	3.75	101.3	95.1	7.45	6.99
17	4		101.5		6.99

E rata	**6.80**	**6.49**
Dev	**0.68**	**0.56**
E Spruce	**6.65**	
	393.52	**393.52**





PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

9. Kayu Beruru

No.	frekuensi (Hz)	c (m/s)	ρ (kg/m^3)	E (N/m^2)	E (GN/m^2)	Erata
1	466.16	4661.60	601.28	13066083310.11	13.07	11.15
2	447.85	4478.50	522.08	10471349674.04	10.47	
3	450.46	4504.60	607.76	12332387366.38	12.33	
4	445.23	4452.30	528.82	10482695665.41	10.48	
5	450.46	4504.60	516.22	10474810447.25	10.47	
6	441.31	4413.10	600.90	11702876289.23	11.70	
7	450.46	4504.60	529.31	10740540115.52	10.74	
8	445.23	4452.30	528.32	10472806329.88	10.47	
9	458.31	4583.10	567.10	11911923679.54	11.91	
10	440	4400.00	623.60	12072956577.27	12.07	
11	447.85	4478.50	502.75	10083614557.11	10.08	
12	442.62	4426.20	508.36	9959430935.88	9.96	

10. Kayu Jatilenek

No.	frekuensi (Hz)	c (m/s)	ρ (kg/m^3)	E (N/m^2)	E (GN/m^2)	Erata
1	385.01	3850.10	528.07	7827681645.91	7.83	9.33
2	408.31	4083.10	535.43	8926458755.35	8.93	
3	395.5	3955.00	551.02	8619001742.35	8.62	
4	478.63	4786.30	537.17	12305888776.74	12.31	
5	395.5	3955.00	573.34	8968209825.62	8.97	
6	396.66	3966.60	515.60	8112329248.11	8.11	
7	429.54	4295.40	528.57	9752286677.35	9.75	
8	474.48	4744.80	521.71	11745241959.05	11.75	
9	420.24	4202.40	572.34	10107671400.14	10.11	
10	402.95	4029.50	539.79	8764514293.23	8.76	
11	382.68	3826.80	570.47	8354221238.15	8.35	
12	385.01	3850.10	570.47	8456262599.99	8.46	

Dengan $E = c^2 \times \rho$

DATA HASIL PENELITIAN

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1. Kayu Akasia

$\delta = \ln (Y'_n + Y'_{n+1})$

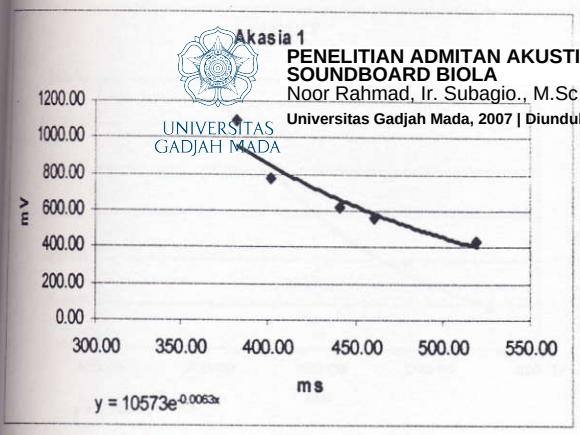
$\zeta = \delta / 2\pi$

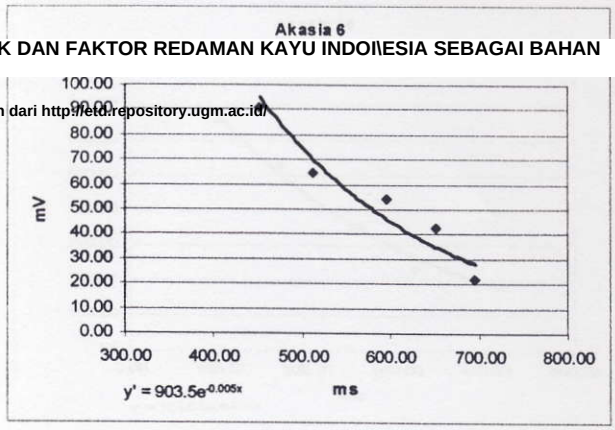
No.	X (ms)	Y (mV)	Y'	δ	ζ
1	382.81	1090.00	948.00	0.1230	0.0196
	402.34	775.00	838.25	0.2461	0.0392
	441.41	618.00	655.35	0.1230	0.0196
	460.94	558.00	579.48	0.3691	0.0588
	519.53	433.00	400.62		
			Rata2 =	**0.2153**	**0.0343**
	y' = 10573e-0.0063x				
6	451.17	90.60	94.67	0.3076	0.0490
	512.70	64.80	69.60	0.4150	0.0661
	595.70	54.50	45.96	0.2832	0.0451
	652.34	42.40	34.62	0.2148	0.0342
	695.31	22.00	27.93		
			Rata2 =	**0.3052**	**0.0486**
	y' = 903.5e-0.005x				
7	319.34	144.00	164.39	0.2969	0.0473
	338.87	123.00	122.17	0.2969	0.0473
	358.40	107.00	90.79	0.3117	0.0496
	378.91	76.90	66.47	0.2375	0.0378
	394.53	41.90	52.42		
			Rata2 =	**0.2857**	**0.0455**
	y' = 21082e-0.0152x				
8	421.88	1410.00	1324.16	0.2648	0.0422
	445.31	947.00	1016.15	0.3091	0.0492
	472.66	740.00	745.99	0.3089	0.0492
	500.00	590.00	547.73	0.2649	0.0422
	523.44	415.00	420.27		
			Rata2 =	**0.2869**	**0.0457**
	y' = 155714e-0.0113x				
10	448.24	120.00	141.42	0.3363	0.0536
	489.26	102.00	101.03	0.3283	0.0523
	529.30	88.60	72.75	0.3203	0.0510
	568.36	55.70	52.81	0.3123	0.0497
	606.45	31.60	38.65		
			Rata2 =	**0.3243**	**0.0516**
	y '= 5582.1e-0.0082x				

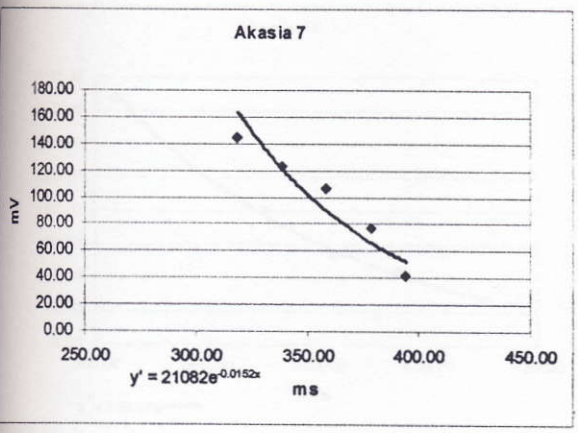
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

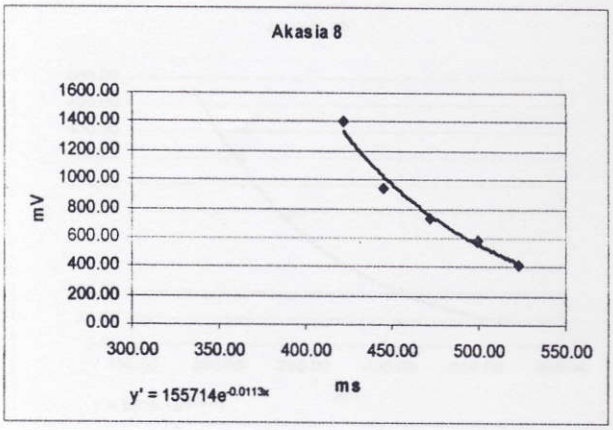
No.	X (ms)	Y (mV)	Y'	δ	ζ
12	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.6145	0.0978
	289.00	385.00	358.11	0.1070	0.0267
	300.78	284.00	285.94	0.3911	0.0623
	328.13	182.00	193.38		
			Rata2 =	**0.4329**	**0.0689**
	Y' = 21098e-0.0143x				
16	101.56	652.00	670.17	0.2883	0.0459
	171.88	528.00	502.31	0.3683	0.0587
	261.72	358.00	347.54	0.2473	0.0394
	322.03	233.00	271.40	0.4094	0.0652
	421.88	188.00	180.23		
			Rata2 =	**0.3283**	**0.0523**
	Y' = 1016.3e-0.0041x				
19	343.75	369.00	370.52	0.6835	0.1088
	371.09	202.00	187.06	0.2928	0.0466
	382.80	135.00	139.58	0.2933	0.0467
	394.53	111.00	104.11	0.3908	0.0622
	410.16	70.00	70.43		
			Rata2 =	**0.4151**	**0.0661**
	Y' = 2E+06e-0.025x				
20	187.50	468.00	474.07	0.3582	0.0570
	214.84	351.00	331.36	0.3583	0.0571
	242.19	236.00	231.58	0.7675	0.1222
	300.78	94.60	107.49	0.8700	0.1385
	367.19	48.20	45.03		
			Rata2 =	**0.5885**	**0.0937**
	Y' = 5528.1e-0.0131x				
21	607.42	54.40	51.08	0.3364	0.0536
	620.12	38.50	36.49	0.3623	0.0577
	633.79	26.30	25.40	0.3364	0.0536
	646.48	20.70	18.14	0.3364	0.0536
	659.18	13.30	12.96		
			Rata2 =	**0.3429**	**0.0546**
	Y' = 5E+08e-0.0265x				

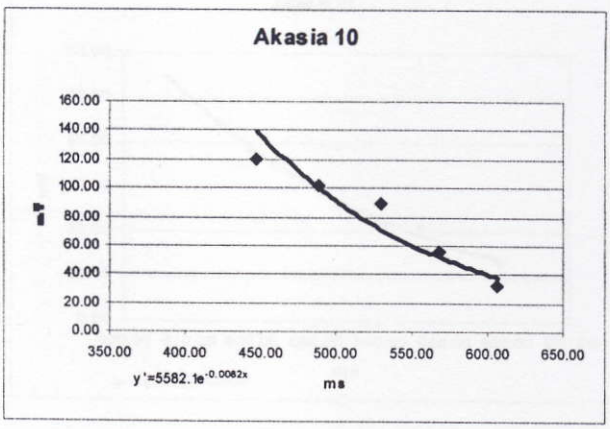
UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



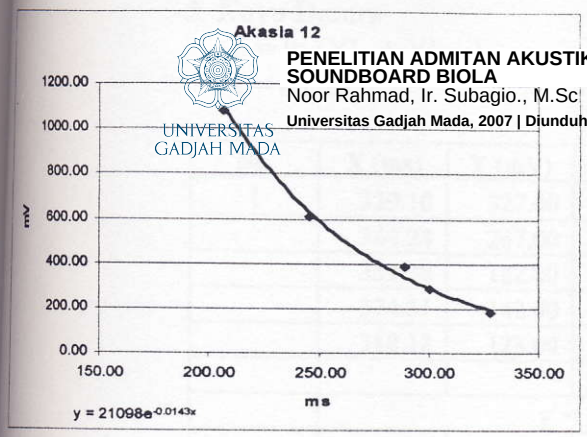


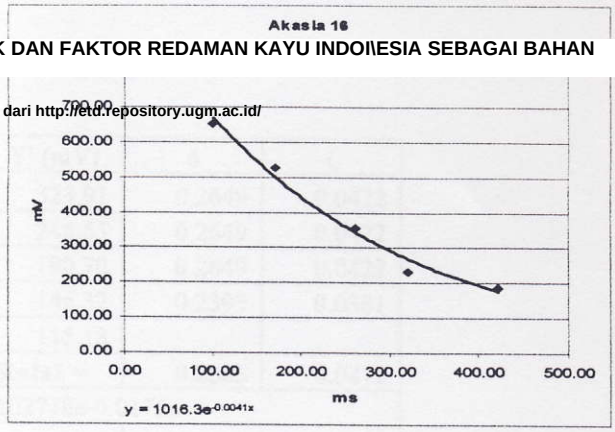


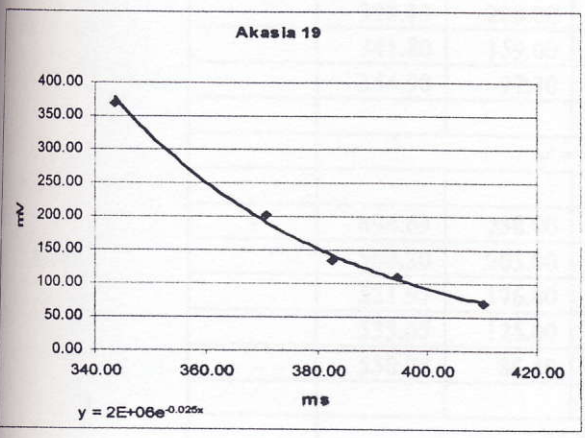


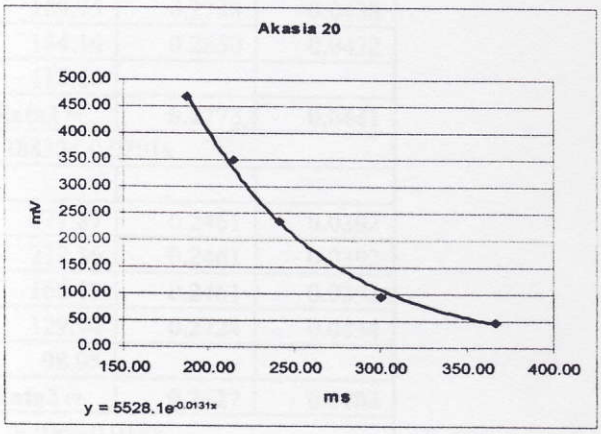


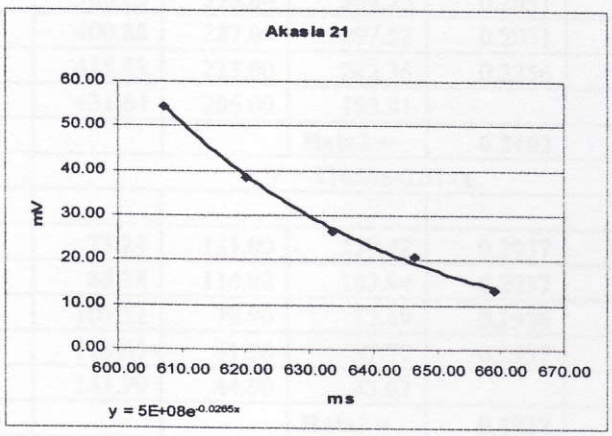
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/











2. Kayu Berura

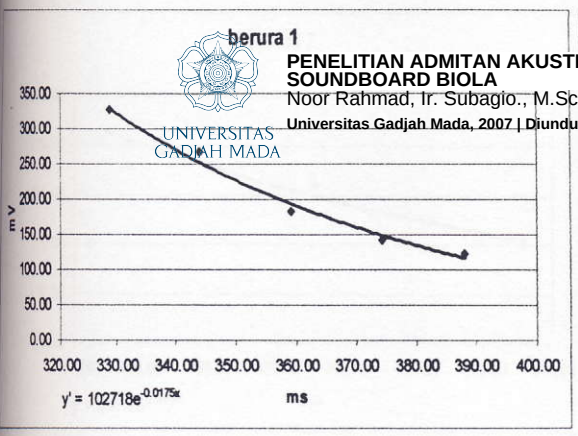
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

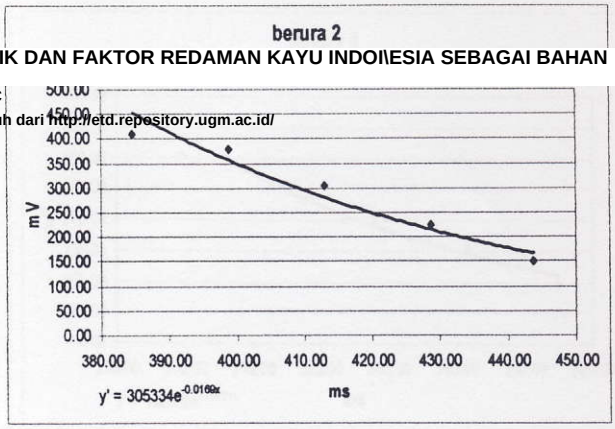
No.	X (ms)	Y (mV)	Y' (mV)	δ	ζ
1	329.10	327.00	323.91	0.2649	0.0422
	344.24	267.00	248.53	0.2649	0.0422
	359.38	182.00	190.70	0.2649	0.0422
	374.51	142.00	146.32	0.2393	0.0381
	388.18	123.00	115.18		
			Rata2 =	**0.2585**	**0.0412**
	y' = 102718e-0.0175x				
2	299.81	304.00	335.27	0.3042	0.0484
	314.94	260.00	247.33	0.2650	0.0422
	328.13	208.00	189.75	0.2748	0.0438
	341.80	159.00	144.16	0.2650	0.0422
	354.98	97.30	110.60		
			Rata2 =	**0.2773**	**0.0441**
	y' = 138832e-0.0201x				
3	494.63	238.00	271.87	0.2461	0.0392
	508.30	203.00	212.56	0.2461	0.0392
	521.97	176.00	166.19	0.2461	0.0392
	535.65	125.00	129.94	0.2724	0.0434
	550.78	86.40	98.95		
			Rata2 =	**0.2527**	**0.0402**
	y' = 2E+06e-0.018x				
4	371.58	440.00	448.38	0.2051	0.0327
	386.23	398.00	365.25	0.2051	0.0327
	400.88	287.00	297.52	0.2051	0.0327
	415.53	223.00	242.36	0.2256	0.0359
	431.64	206.00	193.41		
			Rata2 =	**0.2102**	**0.0335**
	y' = 81454e-0.014x				
6	73.24	131.00	139.42	0.2937	0.0468
	88.38	114.00	103.94	0.2937	0.0468
	103.52	79.90	77.49	0.2936	0.0468
	118.65	51.20	57.77	0.2937	0.0468
	133.79	44.90	43.07		
			Rata2 =	**0.2937**	**0.0468**
	y' = 577.32e-0.0194x				

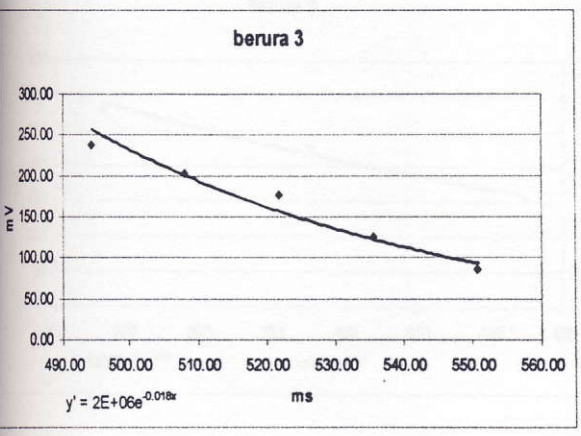
No. 7
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

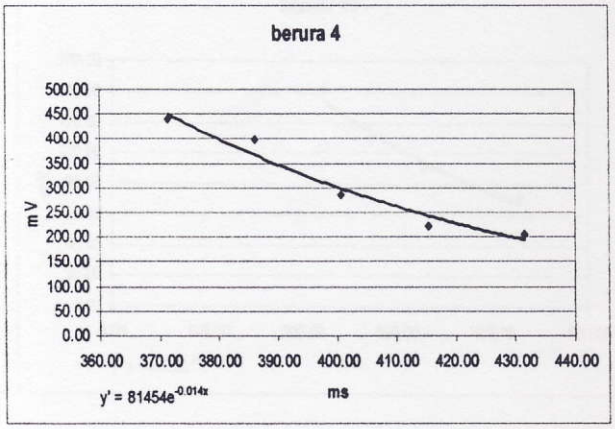
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	460.15	202.00	175.72	0.1759	0.0280
	475.49	161.00	147.38	0.2011	0.0320
	492.68	124.00	120.53	0.1542	0.0246
	505.86	99.30	103.30		
			Rata2 =	**0.1785**	**0.0284**
	y' = 38416e-0.0117x				
8	384.77	409.00	457.88	0.2393	0.0381
	398.93	378.00	360.44	0.2393	0.0381
	413.09	305.00	283.73	0.2641	0.0420
	428.71	226.00	217.88	0.2558	0.0407
	443.85	152.00	168.70		
			Rata2 =	**0.2496**	**0.0397**
	y' = 305334e-0.0169x				
9	367.118	280	291.9288	0.156622	0.02494
	382.324	250	249.6071	0.135795	0.021623
	395.508	226	217.9123	0.150874	0.024025
	410.156	194	187.395	0.150885	0.024026
	424.805	152	161.1497		
			Rata2 =	**0.148544**	**0.023654**
	y' = 12808e-0.0103x				
10	224.12	142.00	133.17	0.1610	0.0256
	271.48	110.00	113.36	0.1942	0.0309
	328.61	89.80	93.35	0.1444	0.0230
	371.09	79.00	80.79	0.1959	0.0312
	428.71	70.80	66.42		
			Rata2 =	**0.1739**	**0.0277**
	y' = 285.32e-0.0034x				
12	569.82	250.00	264.56	0.2094	0.0333
	585.45	217.00	214.58	0.2028	0.0323
	600.59	206.00	175.19	0.1963	0.0313
	615.23	154.00	143.97	0.2158	0.0344
	631.34	107.00	116.02		
			Rata2 =	**0.2061**	**0.0328**
	y' = 547823e-0.0134x				

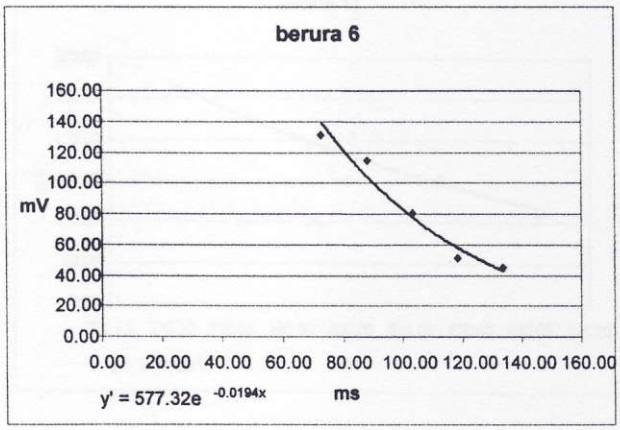
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



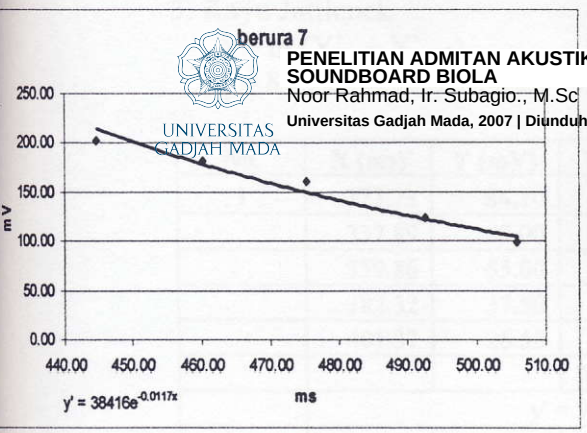


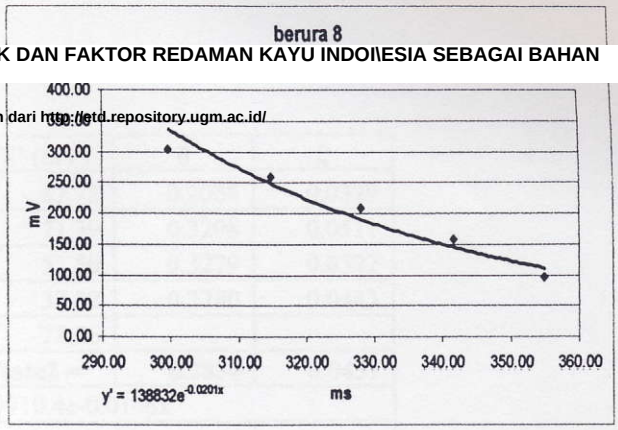


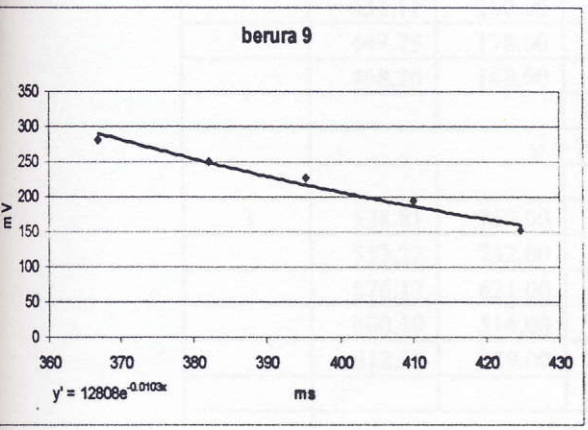


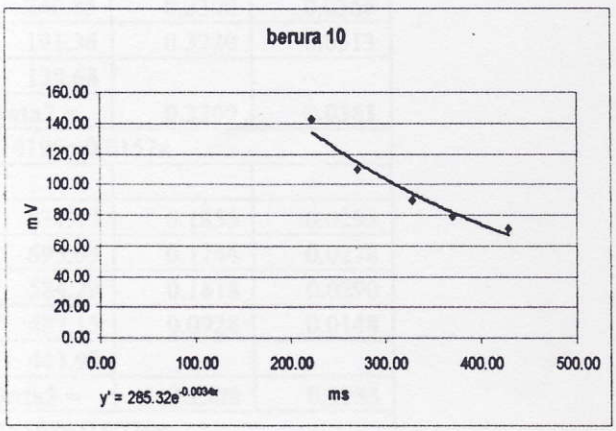


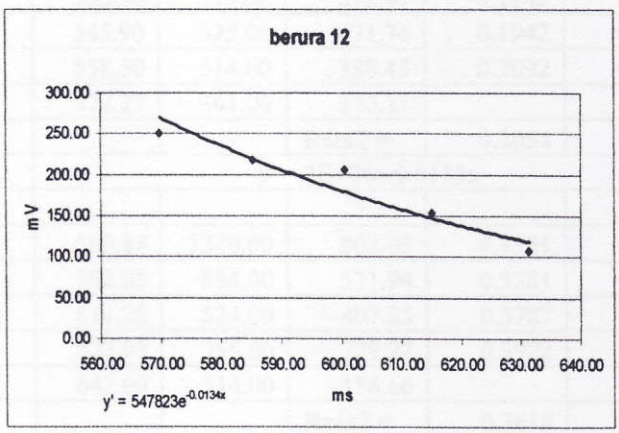
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/











3. Kayu Jatilenek

$\delta = \ln (Y'_1 + Y'_{n+1})$

$\zeta = \delta / 4\pi$

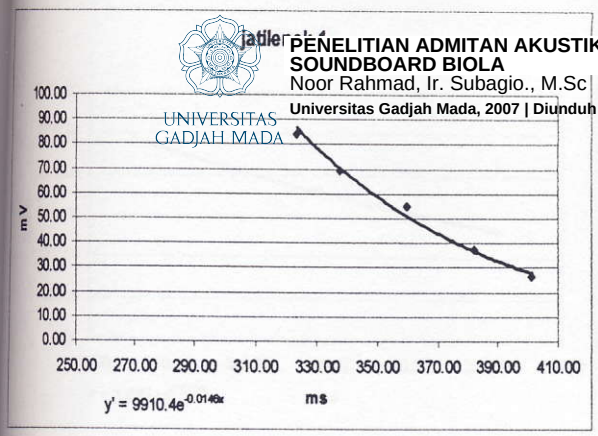
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

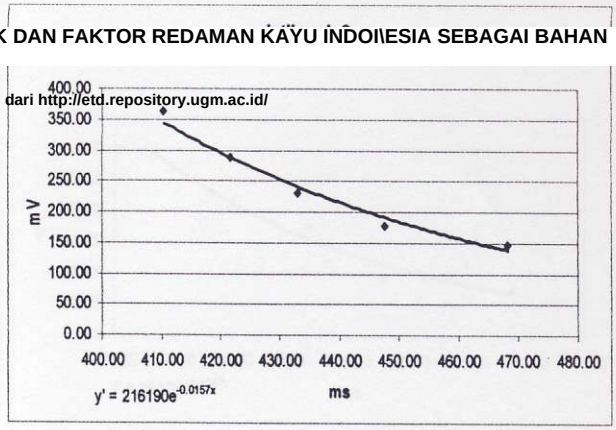
No.	X (ms)	Y (mV)	Y' (mV)	δ	ζ
1	323.73	84.10	87.78	0.2068	0.0329
	337.89	69.00	71.39	0.3208	0.0511
	359.86	55.00	51.80	0.3279	0.0522
	382.32	37.50	37.32	0.2780	0.0443
	401.37	26.50	28.26		
			Rata2 =	**0.2834**	**0.0451**
	y' = 9910.4e-0.0146x				
2	410.45	363.00	343.73	0.1794	0.0286
	421.88	287.00	287.29	0.1763	0.0281
	433.11	230.00	240.85	0.2300	0.0366
	447.75	178.00	191.36	0.3220	0.0513
	468.26	148.00	138.68		
			Rata2 =	**0.2269**	**0.0361**
	y' = 216190e-0.0157x				
3	528.81	760.00	837.45	0.1855	0.0295
	553.22	732.00	695.63	0.1744	0.0278
	576.17	621.00	584.29	0.1818	0.0290
	600.10	516.00	487.15	0.0928	0.0148
	612.31	389.00	443.99		
			Rata2 =	**0.1586**	**0.0253**
	y' = 46598e-0.0076x				
4	518.56	844.00	716.78	0.2241	0.0357
	533.20	719.00	572.87	0.1942	0.0309
	545.90	625.00	471.74	0.1942	0.0309
	558.59	514.00	388.45	0.2092	0.0333
	572.27	361.00	315.13		
			Rata2 =	**0.2054**	**0.0327**
	y' = 2E+06e-0.0153x				
6	589.84	1240.00	802.05	0.3381	0.0538
	602.05	884.00	571.94	0.3381	0.0538
	614.26	524.00	407.85	0.3787	0.0603
	627.93	366.00	279.27	0.3922	0.0625
	642.09	314.00	188.66		
			Rata2 =	**0.3618**	**0.0576**
	y' = 1E+10e-0.0277x				

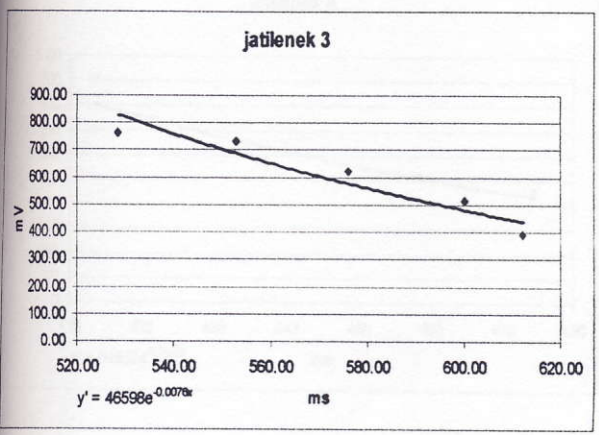
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio, M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

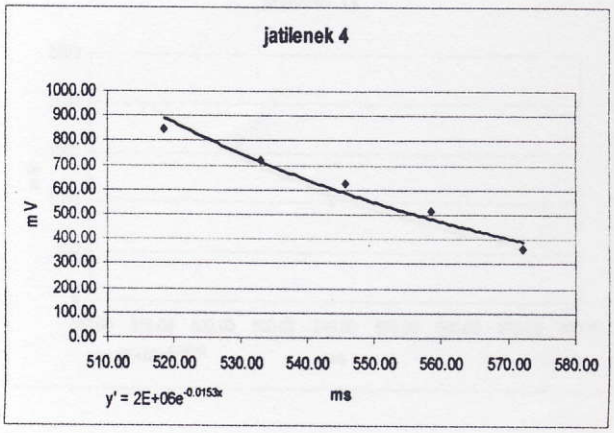
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	317.5	2010.00	2058.30	0.1547	0.0246
	329.10	1810.00	1763.31	0.1482	0.0236
	340.33	1530.00	1520.37	0.1482	0.0236
	351.56	1340.00	1310.89		
			Rata2 =	**0.1515**	**0.0241**
	y' = 135821e-0.0132x				
8	477.05	1160.00	1172.47	0.3138	0.0500
	490.23	861.00	856.72	0.3138	0.0500
	503.42	703.00	625.99	0.3021	0.0481
	516.11	365.00	462.75	0.5113	0.0814
	537.60	300.00	277.51		
			Rata2 =	**0.3603**	**0.0574**
	y' = 1E+08e-0.0238x				
9	413.574	906	801.7113	0.114556	0.018241
	424.805	679	714.9356	0.129489	0.020619
	437.5	562	628.1025	0.214159	0.034102
	458.496	516	507.0168	0.164353	0.026171
	474.609	455	430.1748		
			Rata2 =	**0.155639**	**0.024783**
	y' = 54459e-0.0102x				
11	508.79	1960	1864.15	0.31875	0.05076
	524.41	1600.00	1355.34	0.3088	0.0492
	539.55	987.00	995.27	0.3088	0.0492
	554.69	826.00	730.86	0.3088	0.0492
	569.82	577.00	536.70		
			Rata2 =	**0.3113**	**0.0496**
	y' = 6E+07e-0.0204x				
12	467.77	3620.00	3627.22	0.1672	0.0266
	483.40	2960.00	3068.78	0.3501	0.0557
	516.11	2220.00	2162.42	0.3448	0.0549
	548.34	1610.00	1531.73	0.1567	0.0250
	562.99	1230.00	1309.53		
			Rata2 =	**0.2547**	**0.0406**
	y' = 541118e-0.0107x				

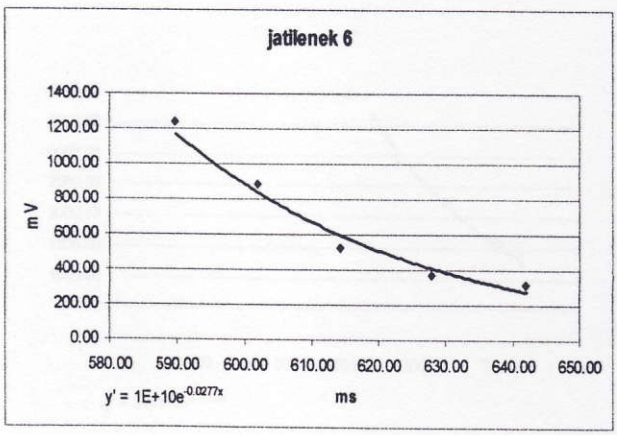
UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



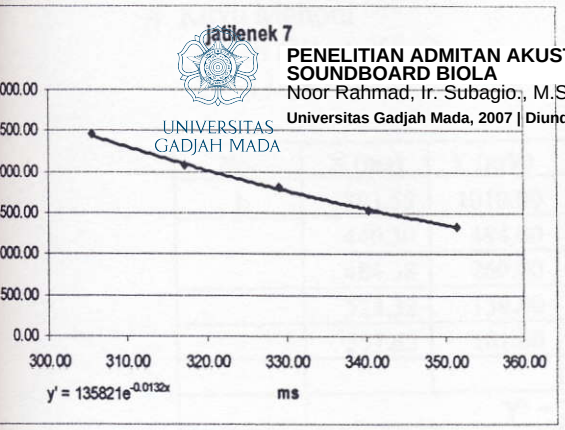


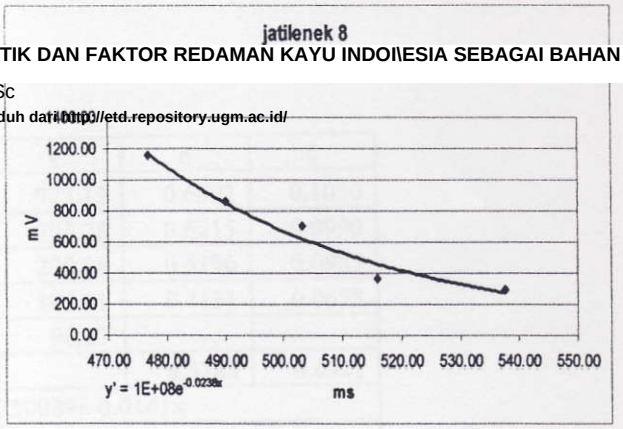


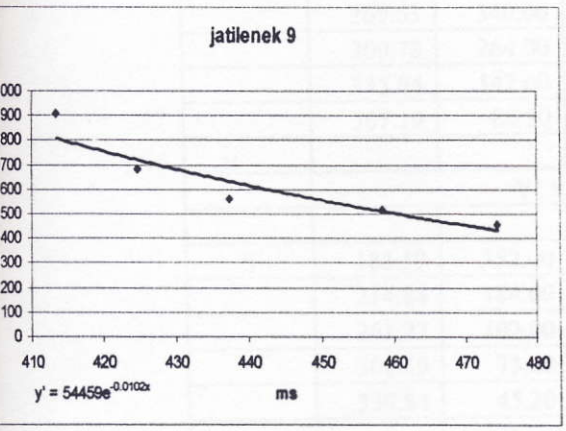


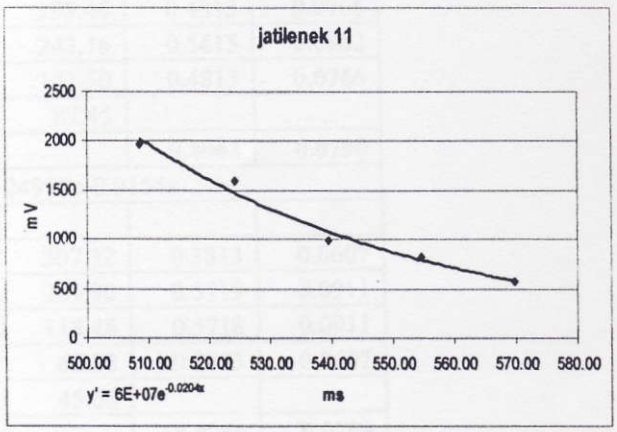


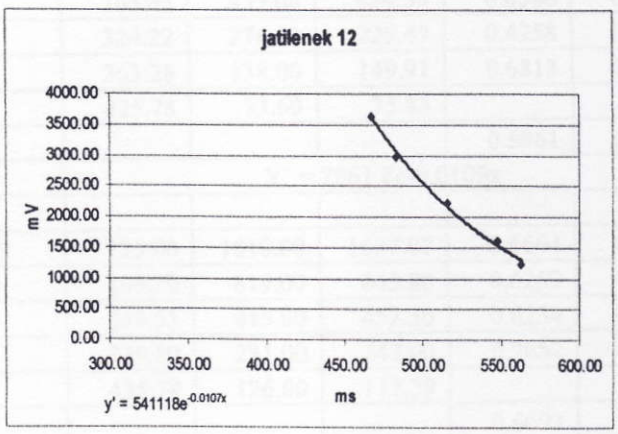
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/











4. Kayu Mahoni

$\delta = \ln (Y'_n / Y'_{n+1})$

$\zeta = \delta / 2\pi$

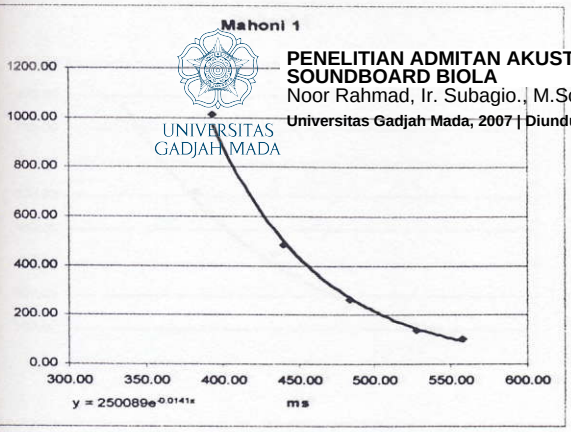
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

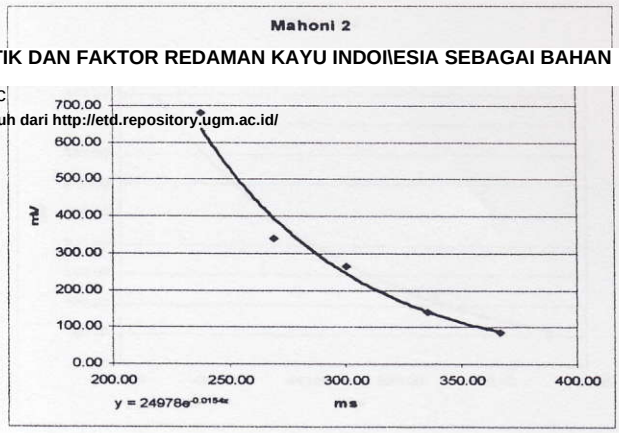
No.	X (ms)	Y (mV)	Y'	δ	ζ
1	393.55	1010.00	973.13	0.6592	0.1050
	440.30	484.00	503.38	0.6215	0.0990
	484.38	260.00	270.38	0.6196	0.0987
	528.32	139.00	145.51	0.4131	0.0658
	557.62	101.00	96.27		
				0.5783	**0.0921**
	Y' = 250089e-0.0141x				
2	238.28	679.00	636.66	0.4812	0.0766
	269.53	340.00	393.46	0.4813	0.0766
	300.78	264.00	243.16	0.5415	0.0862
	335.94	142.00	141.50	0.4813	0.0766
	367.19	86.50	87.45		
				0.4963	**0.0790**
	Y' = 24978e-0.0154x				
3	183.59	352.00	307.32	0.3813	0.0607
	214.84	184.00	209.90	0.5719	0.0911
	261.72	102.00	118.48	0.5718	0.0911
	308.59	73.60	66.88	0.3813	0.0607
	339.84	45.20	45.68		
				0.4766	**0.0759**
	Y' = 2886.2e-0.0122x				
4	207.03	779.00	823.15	0.6387	0.1017
	265.63	435.00	434.59	0.6386	0.1017
	324.22	274.00	229.47	0.4258	0.0678
	363.28	138.00	149.91	0.6813	0.1085
	425.78	73.60	75.85		
				0.5961	**0.0949**
	Y' = 7861.8e-0.0109x				
5	125.00	1810.00	1637.07	0.6604	0.1052
	199.20	819.00	845.80	0.6259	0.0997
	269.53	415.00	452.30	0.6254	0.0996
	339.80	231.00	242.00	0.7652	0.1219
	425.78	126.00	112.59		
				0.6692	**0.1066**
	Y' = 4979.9e-0.0089x				

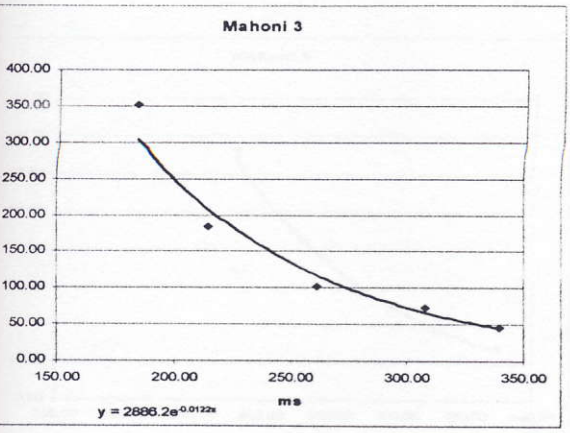
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

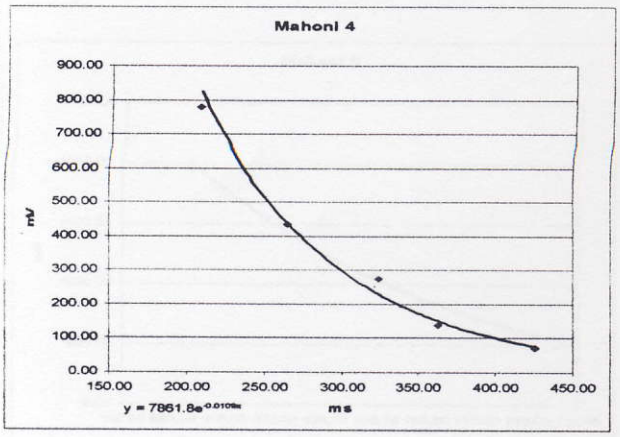
	532.23	514.00	499.61	0.5127	0.0816
	552.73	327.00	299.15	0.4639	0.0739
	571.29	164.00	188.12	0.6836	0.1089
	598.63	94.50	94.96		
				0.5310	**0.0846**
	Y' = 3E+08e-0.025x				
7	448.24	407.00	425.57	0.5156	0.0821
	469.73	273.00	254.12	0.4219	0.0672
	487.31	185.00	166.65	0.4850	0.0772
	507.51	118.00	102.61	0.5931	0.0944
	532.23	53.10	56.70		
				0.5039	**0.0802**
	Y' = 2E+07e-0.024x				
8	352.54	66.70	63.54	0.4023	0.0641
	372.07	42.50	42.49	0.3621	0.0577
	389.65	28.00	29.58	0.4828	0.0769
	413.09	18.30	18.25	0.3420	0.0545
	429.69	13.60	12.97		
				0.3973	**0.0633**
	Y' = 90575e-0.0206x				
9	653.32	1950.00	2195.58	0.3354	0.0534
	671.85	1430.00	1569.96	0.3186	0.0507
	689.45	1080.00	1141.61	0.3889	0.0619
	710.94	831.00	773.80	0.2651	0.0422
	725.59	480.00	593.59		
				0.3270	**0.0521**
	Y' = 3E+08e-0.0181x				
10	553.71	1200.00	1407.98	0.3164	0.0504
	571.29	917.00	1026.09	0.3691	0.0588
	591.80	687.00	709.36	0.2637	0.0420
	606.45	506.00	544.95	0.4043	0.0644
	628.91	305.00	363.73		
				0.3384	**0.0539**
	Y' = 3E+07e-0.018x				

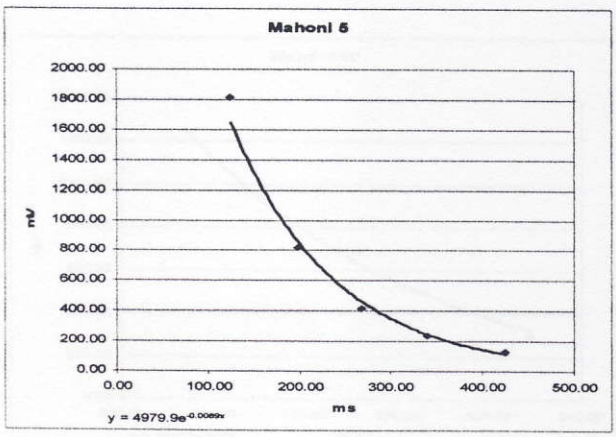
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



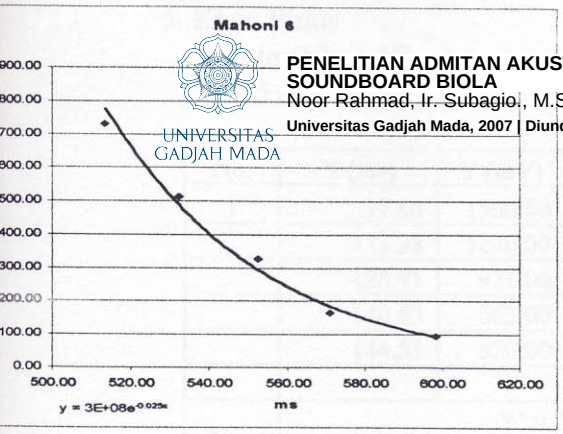


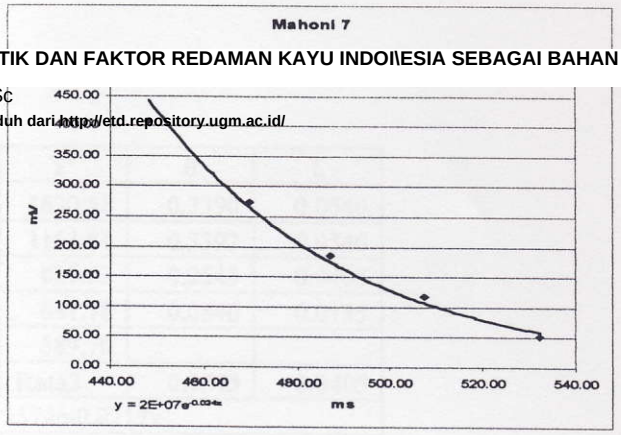


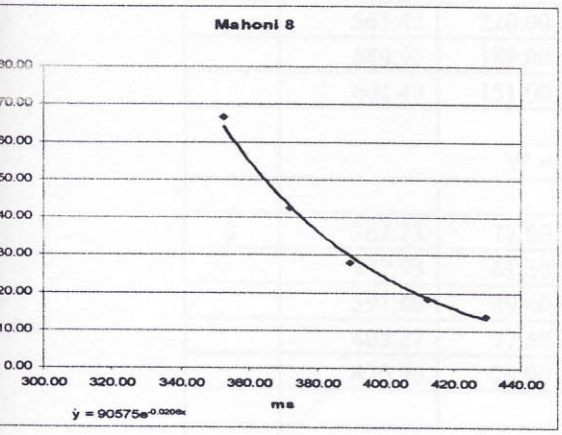


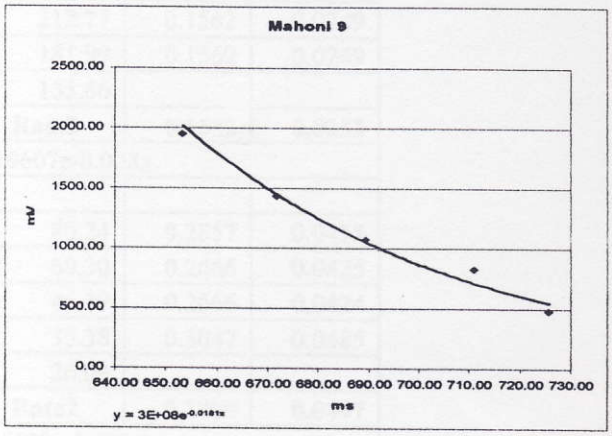


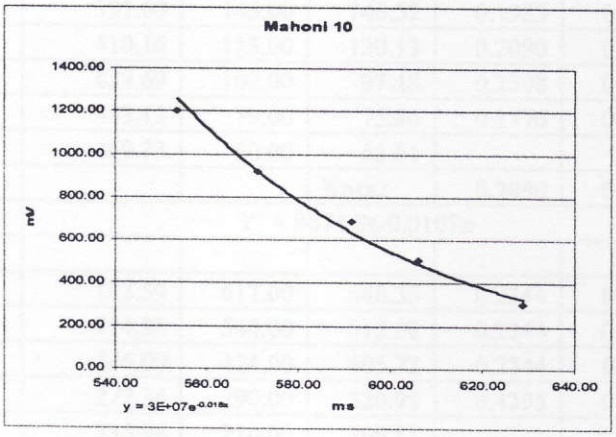
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/











5. Kayu Pinus

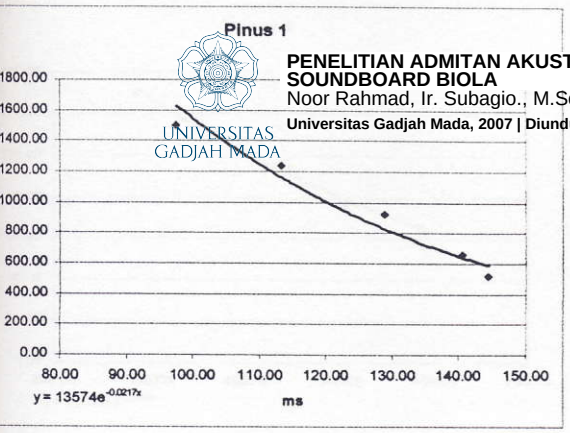
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

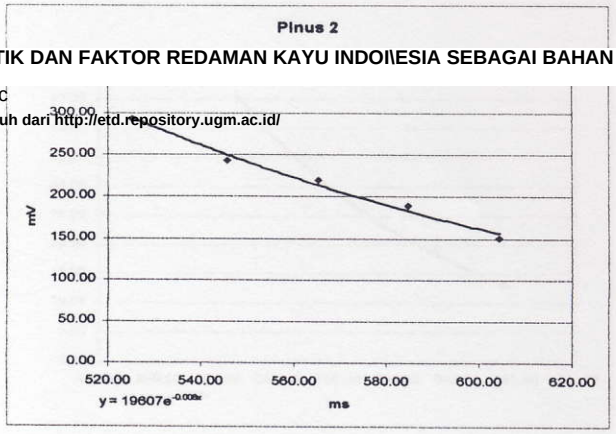
No.	X (ms)	Y (mV)	Y'	δ	ζ
1	97.66	1500.00	1630.58	0.3390	0.0540
	113.28	1240.00	1161.81	0.3392	0.0540
	128.91	921.00	827.63	0.2543	0.0405
	140.63	663.00	641.78	0.0846	0.0135
	144.53	520.00	589.70		
			Rata2	**0.2543**	**0.0405**
	Y' = 13574e-0.0217x				
2	525.39	293.00	293.10	0.1641	0.0261
	545.90	243.00	248.75	0.1563	0.0249
	565.43	220.00	212.77	0.1562	0.0249
	584.96	189.00	181.99	0.1562	0.0249
	604.49	151.00	155.66		
			Rata2	**0.1582**	**0.0252**
	Y' = 19607e-0.008x				
3	363.28	77.80	80.24	0.2857	0.0455
	377.93	61.30	60.30	0.2666	0.0425
	391.60	49.40	46.19	0.2666	0.0424
	405.27	37.50	35.38	0.3047	0.0485
	420.90	24.90	26.09		
			Rata2	**0.2809**	**0.0447**
	Y' = 95699e-0.0195x				
4	391.60	145.00	146.52	0.1985	0.0316
	410.16	115.00	120.13	0.2090	0.0333
	429.69	102.00	97.48	0.2508	0.0399
	453.13	79.00	75.86	0.1776	0.0283
	469.73	60.00	63.51		
			Rata2	**0.2090**	**0.0333**
	Y' = 9674.8e-0.0107x				
5	183.59	617.00	648.35	0.2344	0.0373
	214.84	544.00	512.88	0.2344	0.0373
	246.09	424.00	405.72	0.2344	0.0373
	277.34	290.00	320.95	0.4395	0.0700
	335.94	210.00	206.81		
			Rata2	**0.2857**	**0.0455**
	Y' = 2569.2e-0.0075x				

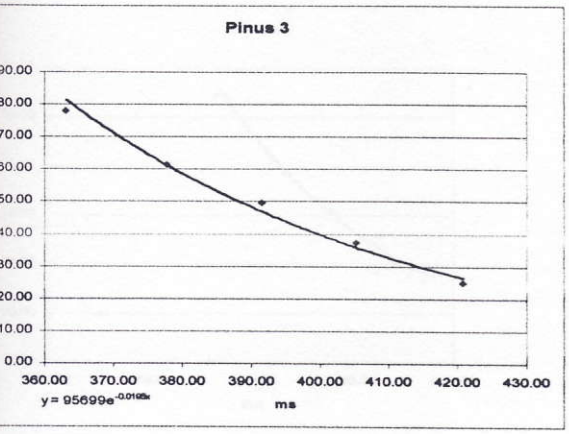
UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

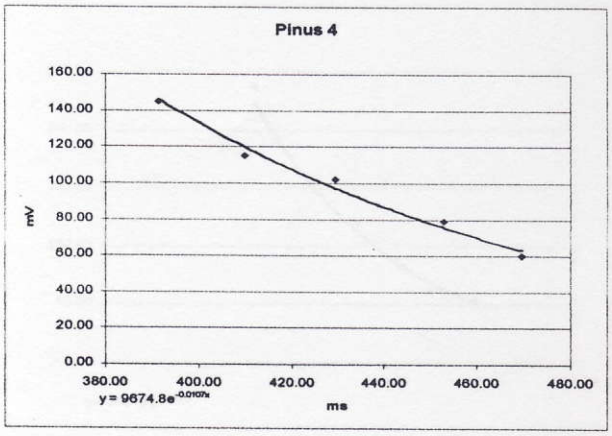
No.	V (ms)	V (mV)	V'	δ	r
6	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	418.05	11.00	110.12	0.1797	0.0286
	497.07	94.30	92.01	0.1370	0.0218
	556.64	75.80	80.23	0.1864	0.0297
	637.70	65.70	66.59		
			Rata2	**0.1729**	**0.0275**
	Y' = 288.64e-0.0023x				
7	616.21	45.20	45.57	0.3384	0.0539
	677.73	32.80	32.48	0.2471	0.0393
	722.66	25.50	25.37	0.3304	0.0526
	782.73	19.10	18.23	0.3143	0.0501
	839.88	13.00	13.32		
			Rata2	**0.3075**	**0.0490**
	Y' = 1350.6e-0.0055x				
8	483.40	54.50	55.94	0.3652	0.0582
	516.60	38.70	38.83	0.2471	0.0393
	539.06	30.70	30.33	0.2686	0.0428
	563.48	25.90	23.18	0.2358	0.0375
	584.91	16.70	18.31		
			Rata2	**0.2792**	**0.0445**
	Y' = 11404e-0.011x				
9	480.47	237.00	219.63	0.1984	0.0316
	496.09	166.00	180.11	0.4962	0.0790
	535.16	121.00	109.66	0.4961	0.0790
	574.22	61.50	66.77	0.2977	0.0474
	597.66	53.40	49.58		
			Rata2	**0.3721**	**0.0592**
	Y' = 98115e-0.0127x				
10	395.08	98.40	99.46	0.2572	0.0410
	408.20	82.00	76.90	0.2488	0.0396
	420.90	60.60	59.96	0.3831	0.0610
	440.44	40.60	40.88	0.3826	0.0609
	459.96	28.70	27.88		
			Rata2	**0.3179**	**0.0506**
	Y' = 229421e-0.0196x				

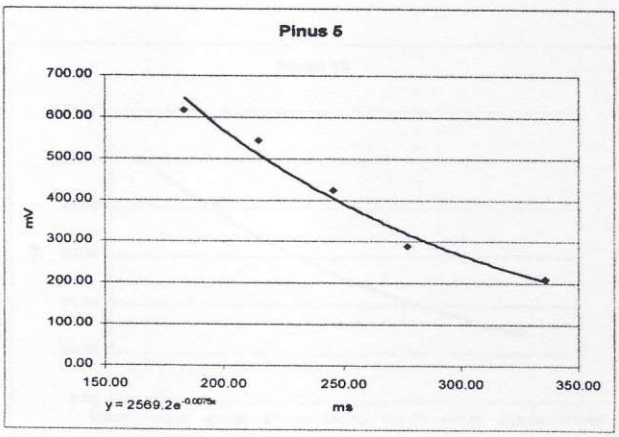
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



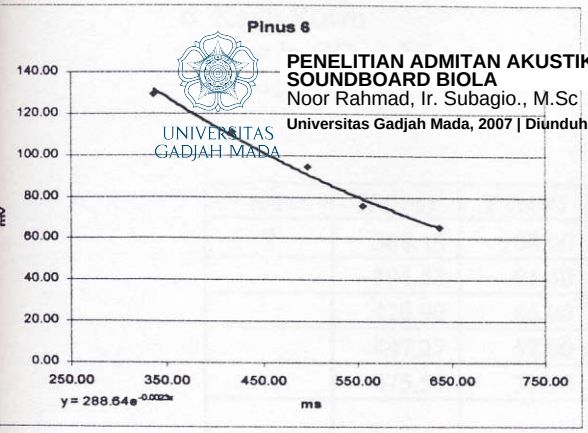


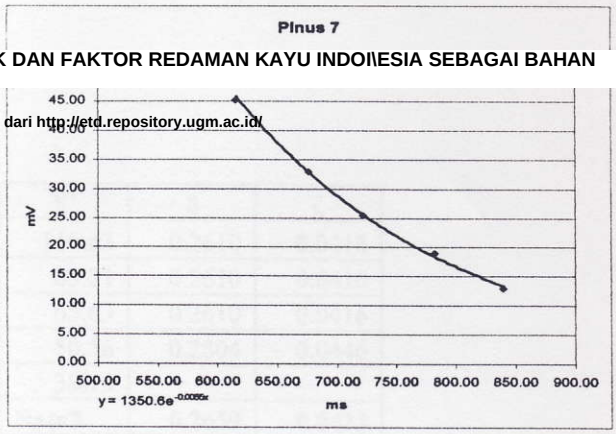


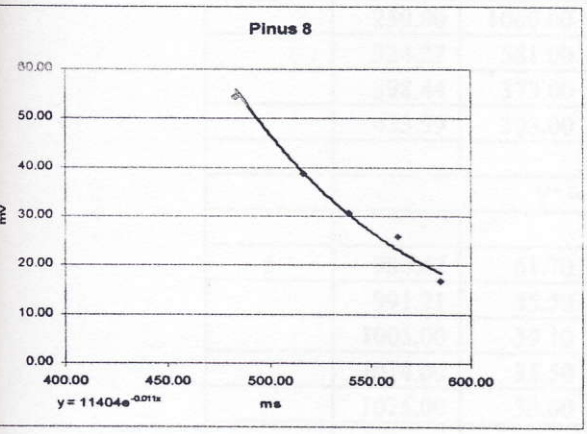


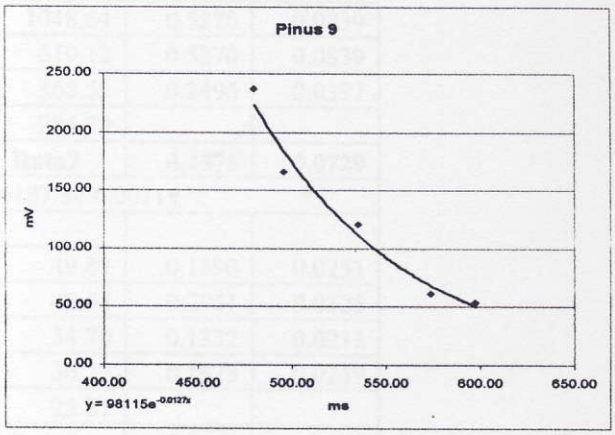


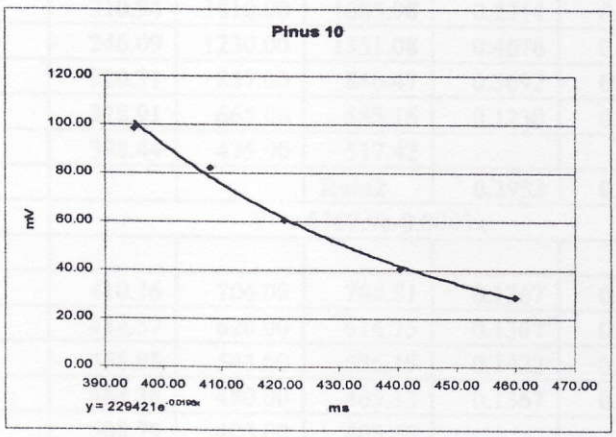
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/











6. Kayu Rowo

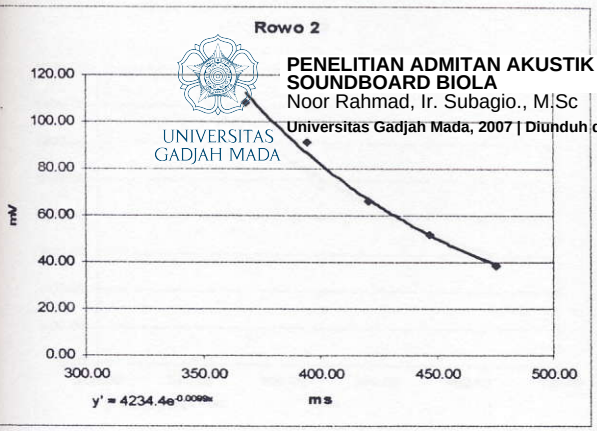
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Nor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

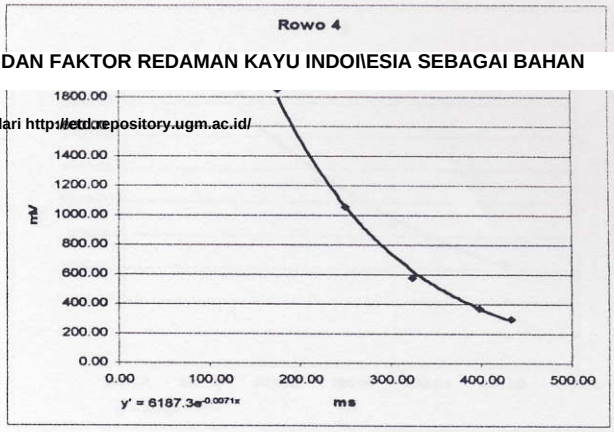
No.	X (ms)	Y (mV)	Y'	δ	ζ
2	368.16	108.00	110.63	0.2610	0.0416
	394.53	91.40	85.21	0.2610	0.0416
	420.90	66.00	65.63	0.2610	0.0416
	447.27	52.00	50.56	0.2804	0.0446
	475.59	38.30	38.19		
			Rata2	**0.2659**	**0.0423**
	Y' = 4234.4e-0.0099x				
4	175.78	1850.00	1776.17	0.5270	0.0839
	250.00	1060.00	1048.64	0.5270	0.0839
	324.22	581.00	619.12	0.5270	0.0839
	398.44	373.00	365.52	0.2496	0.0397
	433.59	303.00	284.79		
			Rata2	**0.4576**	**0.0729**
	Y' = 6187.3e-0.0071x				
5	980.47	61.70	49.89	0.1590	0.0253
	991.21	45.50	42.55	0.2041	0.0325
	1005.00	39.10	34.70	0.1332	0.0212
	1014.00	35.50	30.37	0.1628	0.0259
	1025.00	30.60	25.81		
			Rata2	**0.1648**	**0.0262**
	Y' = 1E+08e-0.0148x				
8	210.94	1810.00	1685.98	0.2214	0.0353
	246.09	1230.00	1351.08	0.4676	0.0745
	320.31	857.00	846.47	0.3692	0.0588
	378.91	668.00	585.16	0.1230	0.0196
	398.44	475.00	517.42		
			Rata2	**0.2953**	**0.0470**
	Y' = 6367.9e-0.0063x				
11	410.16	706.00	704.81	0.1367	0.0218
	434.57	626.00	614.75	0.1367	0.0218
	458.98	543.00	536.19	0.1422	0.0226
	484.38	480.00	465.13	0.1367	0.0218
	508.79	405.00	405.69		
			Rata2	**0.1381**	**0.0220**
	Y' = 7008e-0.0056x				

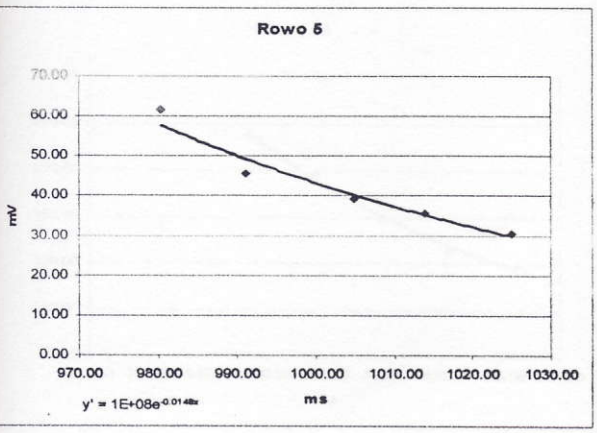
UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio', M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

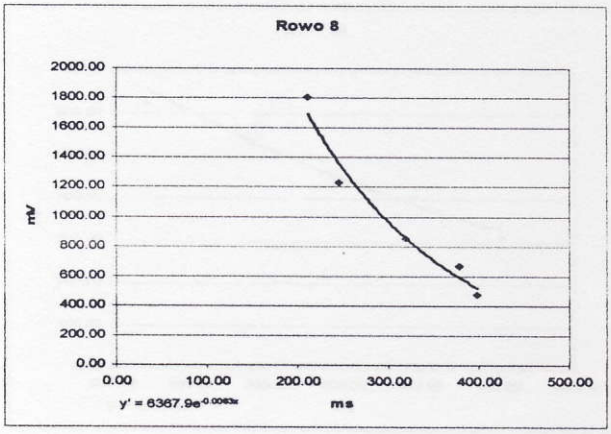
No	X (ms)	Y (mV)	Y'	ε	ε'
12					
	277.34	1250.00	1383.97	0.2569	0.0376
	320.31	958.00	1013.71	0.2578	0.0411
	367.19	814.00	783.32	0.2578	0.0410
	414.06	598.00	605.32		
			Rata2	**0.2202**	**0.0351**
	Y' = 5902.2e-0.0055x				
16	277.34	1660.00	1558.23	0.2743	0.0437
	328.13	1140.00	1184.45	0.2742	0.0437
	378.91	865.00	900.39	0.1265	0.0201
	402.34	783.00	793.38	0.2743	0.0437
	453.13	643.00	603.07		
			Rata2	**0.2373**	**0.0378**
	Y' = 6967e-0.0054x				
19	354.49	238.00	240.97	0.2313	0.0368
	376.95	198.00	191.20	0.2213	0.0352
	398.44	146.00	153.24	0.2414	0.0384
	421.88	113.00	120.38	0.2414	0.0384
	445.31	97.60	94.56		
			Rata2	**0.2339**	**0.0372**
	Y' = 9283e-0.0103x				
20	339.84	1110.00	1073.70	0.1993	0.0317
	359.38	882.00	879.68	0.1992	0.0317
	378.91	710.00	720.79	0.1992	0.0317
	398.44	607.00	590.60	0.1992	0.0317
	417.97	496.00	483.93		
			Rata2	**0.1992**	**0.0317**
	Y' = 34380e-0.0102x				
23	548.83	624.00	647.30	0.1753	0.0279
	571.89	567.00	543.23	0.1736	0.0276
	594.73	492.00	456.68	0.1781	0.0284
	618.16	401.00	382.17	0.1737	0.0277
	641.02	310.00	321.23		
			Rata2	**0.1752**	**0.0279**
	Y' = 41936e-0.0076x				

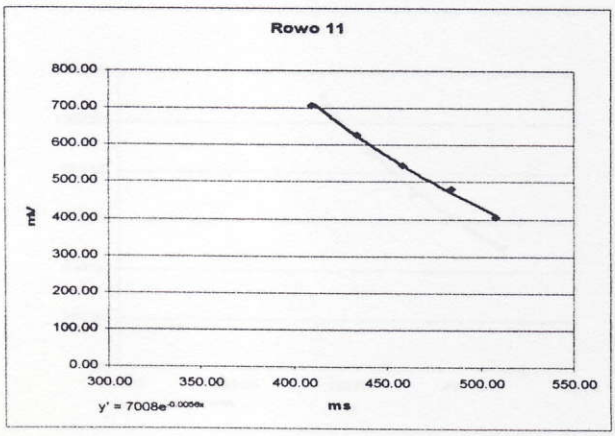
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



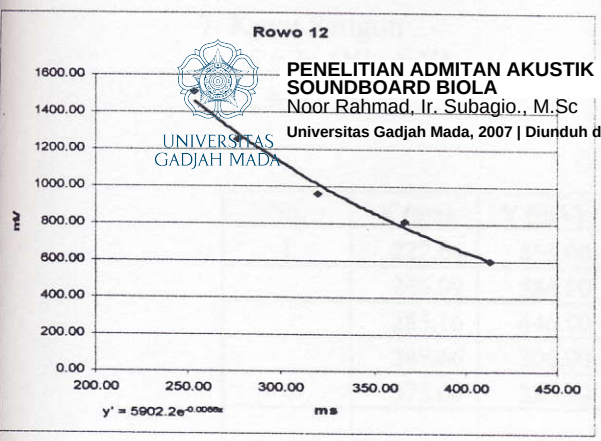


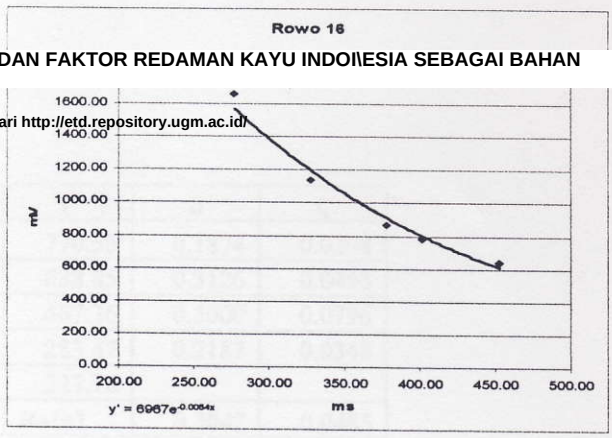


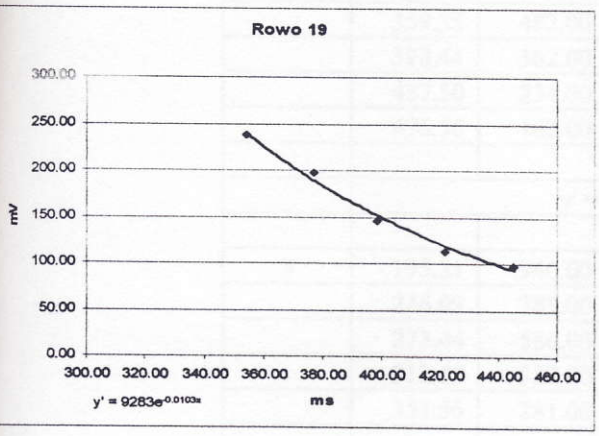


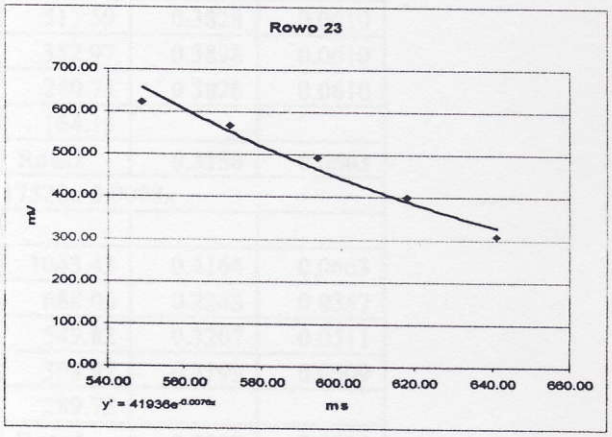


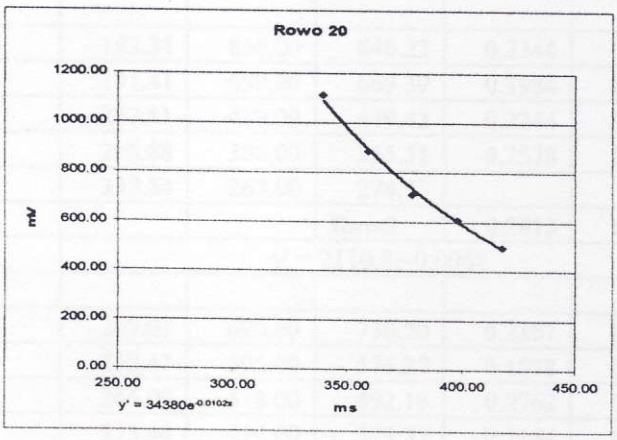
UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/









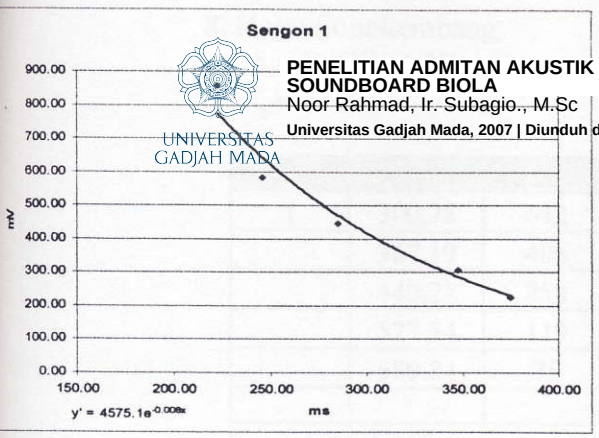


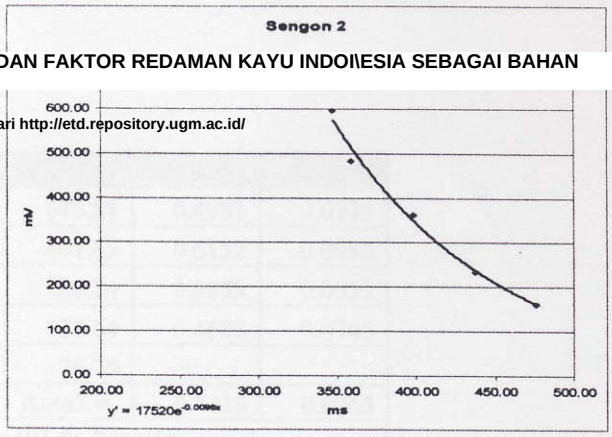
7. Kayu Sengon

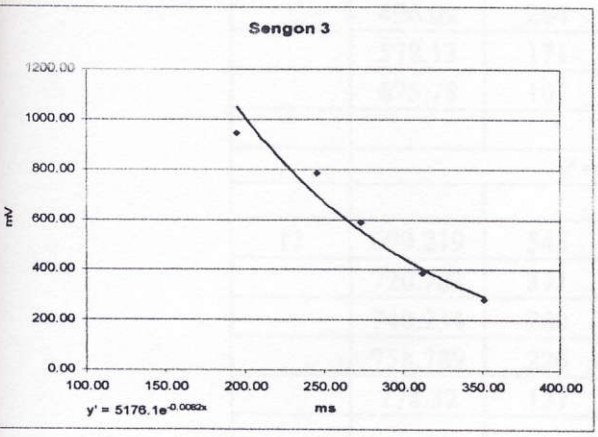
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

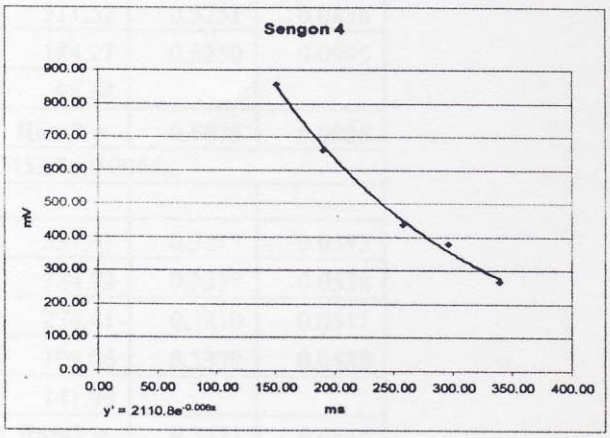
No.	X (ms)	Y (mV)	Y'	δ	ζ
1	222.66	855.00	770.55	0.1874	0.0298
	246.09	584.00	638.85	0.3126	0.0498
	285.16	446.00	467.36	0.5000	0.0796
	347.66	306.00	283.47	0.2187	0.0348
	375.00	225.00	227.78		
			Rata2	**0.3047**	**0.0485**
	y' = 4575.1e-0.008x				
2	347.66	596.00	580.58	0.1149	0.0183
	359.38	482.00	517.59	0.3828	0.0610
	398.44	362.00	352.97	0.3828	0.0610
	437.50	234.00	240.71	0.3828	0.0610
	476.56	162.00	164.15		
			Rata2	**0.3158**	**0.0503**
	y' = 17520e-0.0098x				
3	195.31	946.00	1043.43	0.4164	0.0663
	246.09	785.00	688.06	0.2243	0.0357
	273.44	586.00	549.82	0.3207	0.0511
	312.55	387.00	398.97	0.3199	0.0509
	351.56	281.00	289.75		
			Rata2	**0.3203**	**0.0510**
	y' = 5176.1e-0.0082x				
4	152.34	856.00	846.22	0.2344	0.0373
	191.41	659.00	669.39	0.3984	0.0634
	257.81	439.00	449.42	0.2344	0.0373
	296.88	380.00	355.51	0.2578	0.0410
	339.84	267.00	274.73		
			Rata2	**0.2813**	**0.0448**
	y' = 2110.8e-0.006x				
5	207.03	690.00	730.20	0.2367	0.0377
	230.47	595.00	576.27	0.1578	0.0251
	246.09	518.00	492.16	0.2762	0.0440
	273.44	414.00	373.37	0.1184	0.0188
	285.16	296.00	331.69		
			Rata2	**0.1973**	**0.0314**
	y' = 5909.5e-0.0101x				

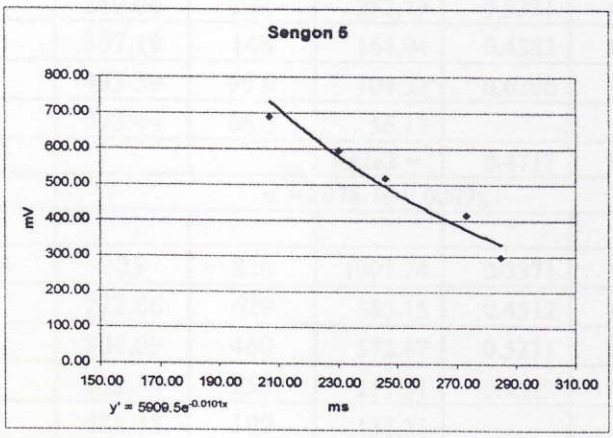
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/











8. Kayu Sonokembang

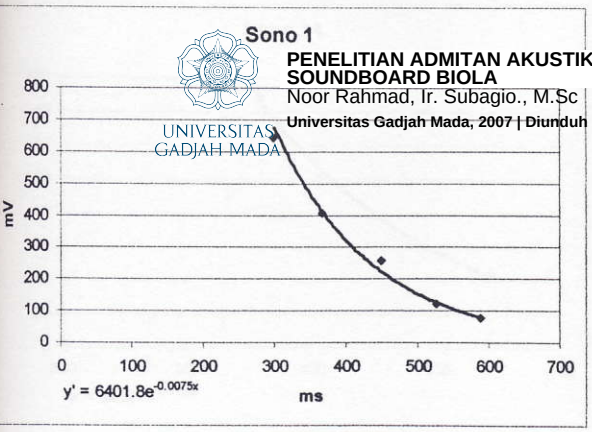
UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

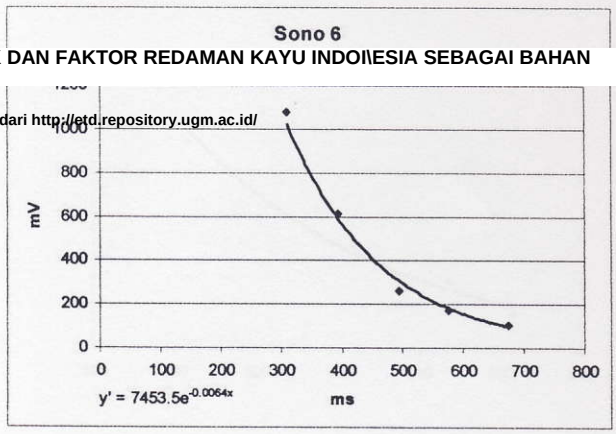
No.	X (ms)	Y (mV)	Y'	δ	ζ
1	300.78	642	670.81	0.4981	0.0793
	367.19	406	407.65	0.6152	0.0980
	449.22	258	220.34	0.5859	0.0933
	527.34	119	122.64	0.4688	0.0746
	589.84	75	76.75		
			Rata2 =	**0.5420**	**0.0863**
	y' = 6401.8e-0.0075x				
6	308.59	1080	1034.28	0.5500	0.0876
	394.53	614	596.72	0.6500	0.1035
	496.09	264	311.52	0.5251	0.0836
	578.13	171	184.27	0.6250	0.0995
	675.78	107	98.64		
			Rata2 =	**0.5875**	**0.0936**
	y' = 7453.5e-0.0064x				
11	699.219	543	557.91	0.3717	0.0592
	720.703	371	384.72	0.3379	0.0538
	740.234	280	274.41	0.3210	0.0511
	758.789	226	199.06	0.3379	0.0538
	778.32	127	141.99		
			Rata2 =	**0.3421**	**0.0545**
	y' = 1E+08e-0.0173x				
12	250	472	370.26	0.2695	0.0429
	289.06	248	282.79	0.5391	0.0858
	367.19	146	164.94	0.4582	0.0730
	433.59	95.9	104.32	0.6200	0.0987
	523.44	66.3	56.12		
			Rata2 =	**0.4717**	**0.0751**
	y' = 2078.1e-0.0069x				
13	125	826	1001.24	0.5371	0.0855
	222.66	629	585.15	0.4512	0.0718
	304.69	460	372.67	0.5371	0.0855
	402.34	253	217.81	0.4512	0.0719
	484.38	109	138.71		
			Rata2 =	**0.4941**	**0.0787**
	y' = 1991.2e-0.0055x				

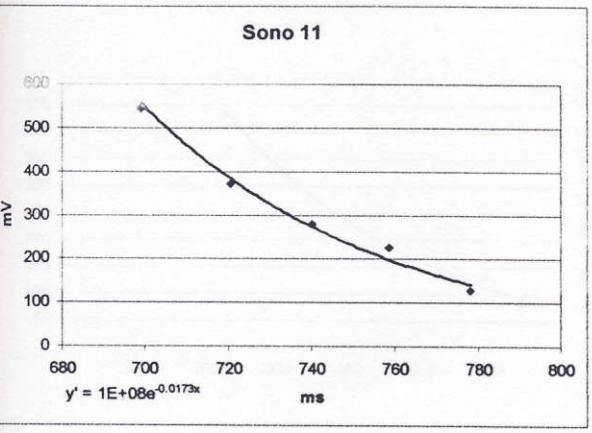
UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 [Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

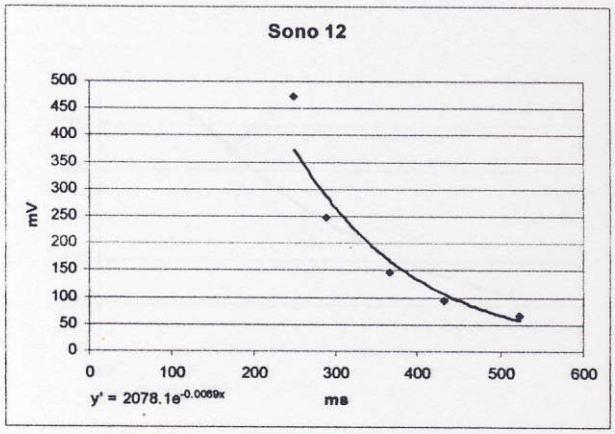
No	X (ms)	Y (mV)	Y'	δ	r
1.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.0452
	422.852	78.8	82.94	0.2965	0.0472
	445.313	59	61.66	0.3609	0.0575
	472.656	44.1	42.98		
			Rata2 =	**0.3094**	**0.0493**
	y' = 22021e-0.0132x				
15	583.008	231	274.47	0.4081	0.0650
	603.516	163	182.50	0.4081	0.0650
	624.023	119	121.35	0.4664	0.0743
	647.461	77.9	76.11	0.3109	0.0495
	663.086	43.1	55.77		
			Rata2 =	**0.3984**	**0.0634**
	y' = 3E+07e-0.0199x				
16	230.47	433	437.24	0.3388	0.0539
	322.03	300	311.60	0.4128	0.0657
	433.59	214	206.22	0.5900	0.0940
	593.06	131	114.31	0.1904	0.0303
	644.53	82.5	94.49		
			Rata2 =	**0.3830**	**0.0610**
	y' = 1025.8e-0.0037x				
17	502.93	1040	910.41	0.4140	0.0659
	525.31	719	601.76	0.3628	0.0578
	544.922	508	418.65	0.3433	0.0547
	563.477	346	297.01	0.3613	0.0575
	583.008	240	206.94		
			Rata2 =	**0.3704**	**0.0590**
	y' = 1E+07e-0.0185x				
19	554.69	3590	4029.76	0.4812	0.0766
	582.03	2830	2490.60	0.4125	0.0657
	605.47	1910	1648.69	0.4812	0.0766
	632.81	1190	1018.97	0.4814	0.0766
	660.16	555	629.67		
			Rata2 =	**0.4641**	**0.0739**
	y' = 7E+07e-0.0176x				

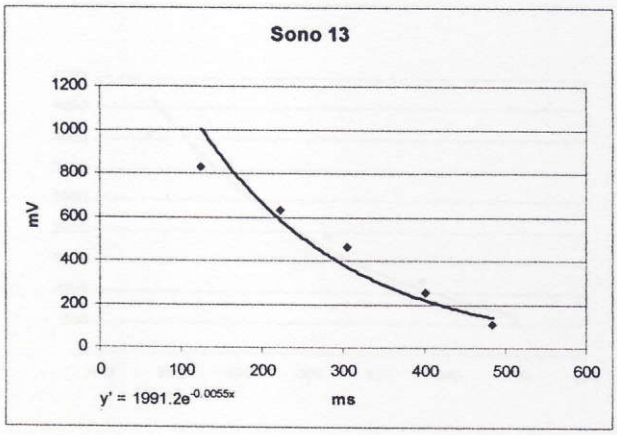
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



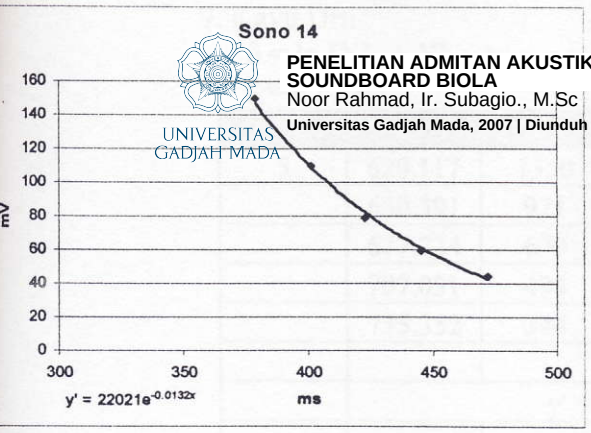


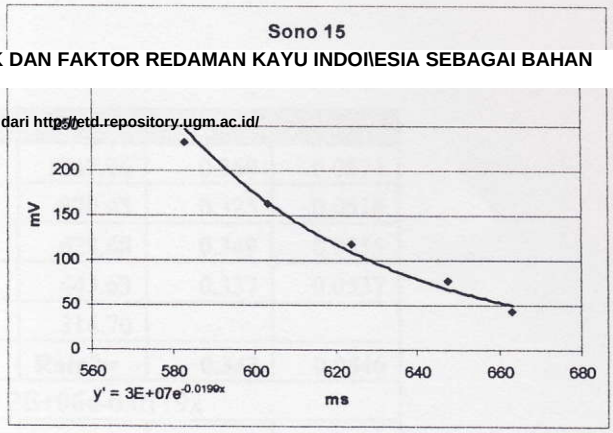


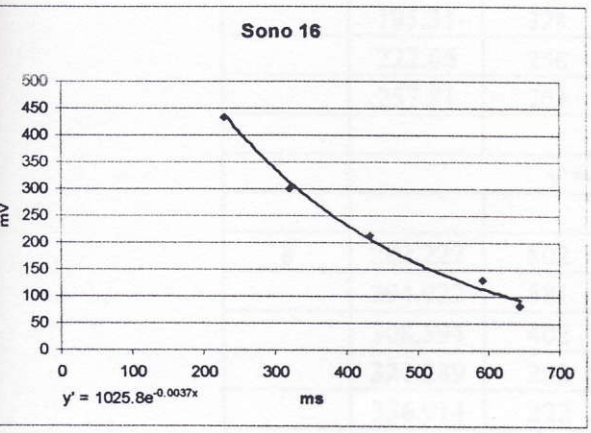


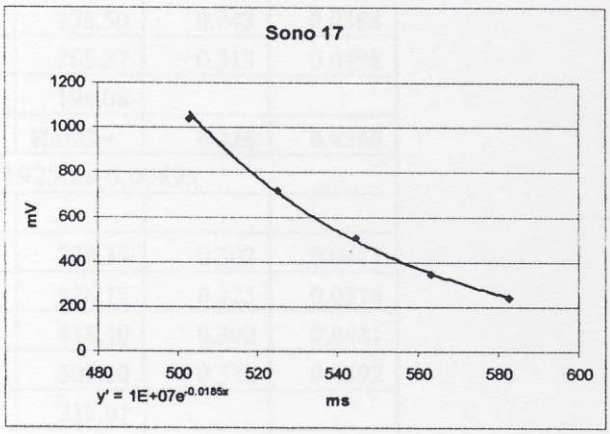


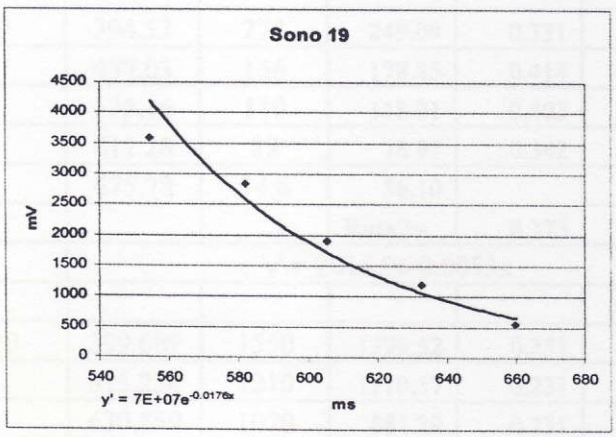
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/











9. Kayu Uru

$\delta = \ln(Y_1 / Y_2)$

$\zeta = \delta / 4\pi$

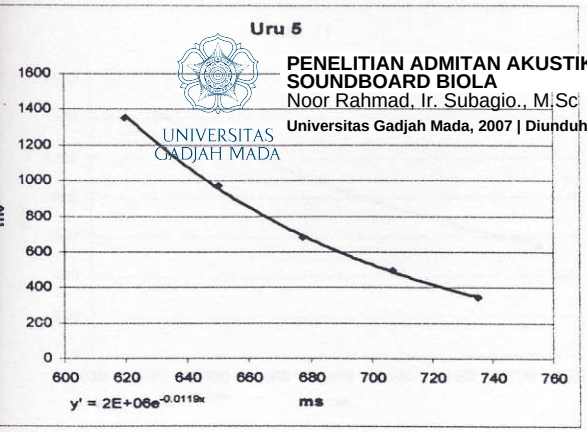
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/
UNIVERSITAS GADJAH MADA

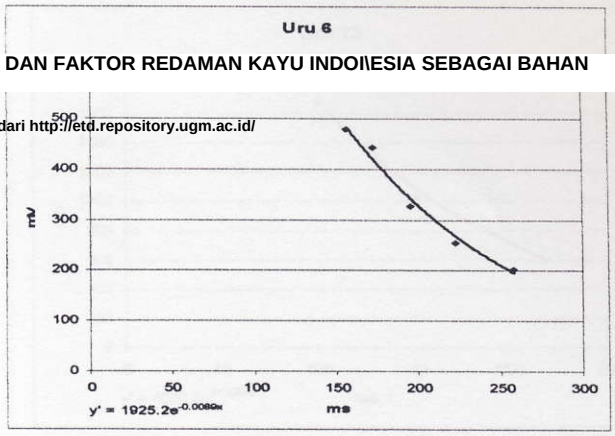
No.	X (ms)	Y (mV)	Y	δ	ζ
5	620.117	1350	1247.96	0.360	0.0574
	650.391	971	870.45	0.325	0.0518
	677.734	679	628.68	0.349	0.0555
	707.031	494	443.63	0.337	0.0537
	735.352	344	316.70		
			Rata2=	**0.343**	**0.0546**
	y' = 2E+06e-0.0119x				
6	156.25	478	479.22	0.139	0.0222
	171.88	444	416.99	0.209	0.0332
	195.31	328	338.50	0.243	0.0388
	222.66	256	265.37	0.313	0.0498
	257.81	203	194.08		
			Rata2=	**0.226**	**0.0360**
	y' = 1925.2e-0.0089x				
8	282.227	802	779.35	0.302	0.0481
	294.922	581	576.12	0.325	0.0518
	308.594	402	416.10	0.302	0.0481
	321.289	298	307.60	0.372	0.0592
	336.914	222	212.07		
			Rata2=	**0.325**	**0.0518**
	y' = 644008e-0.0238x				
9	394.53	278	249.09	0.331	0.0527
	457.03	156	178.85	0.414	0.0659
	535.16	110	118.21	0.403	0.0642
	611.28	88	78.97	0.342	0.0544
	675.78	54.6	56.10		
			Rata2=	**0.373**	**0.0593**
	y' = 2015.9e-0.0053x				
10	599.609	1550	1399.52	0.231	0.0368
	615.234	1210	1110.57	0.231	0.0368
	630.859	1070	881.29	0.231	0.0368
	646.484	804	699.34	0.217	0.0345
	661.133	604	563.03		
			Rata2=	**0.228**	**0.0362**
	y' = 1E+07e-0.0148x				

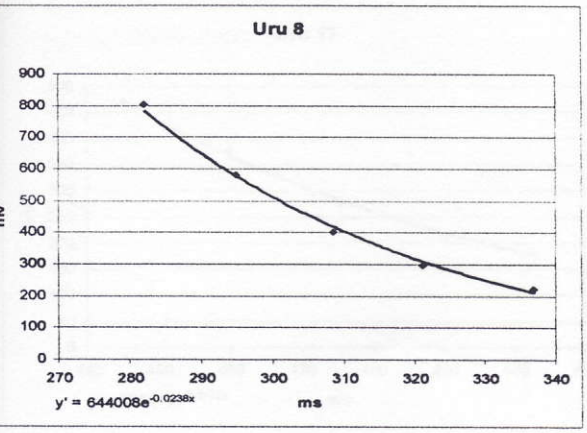
UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

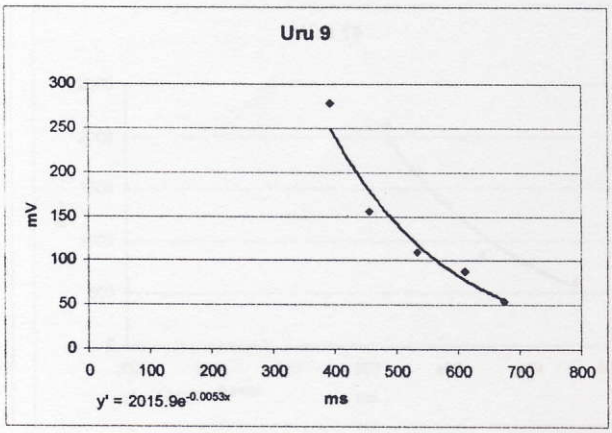
No	X (m)	V (mV)	V'	δ	ζ
11	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	656.25	1070	980.48	0.198	0.0316
	671.875	827	787.60	0.211	0.0336
	688.477	670	637.88	0.186	0.0296
	703.125	549	529.60		
			Rata2=	**0.198**	**0.0316**
	y' = 4E+06e-0.0127x				
13	101.56	1680	1670.17	0.235	0.0375
	128.91	1340	1320.11	0.201	0.0321
	152.34	1030	1079.20	0.336	0.0535
	191.41	783	771.22	0.235	0.0374
	218.75	608	609.63		
			Rata2=	**0.252**	**0.0401**
	y' = 4000.2e-0.0086x				
17	445.313	471	466.60	0.252	0.0401
	459.961	377	362.69	0.269	0.0428
	475.586	277	277.21	0.252	0.0401
	490.234	211	215.47	0.218	0.0348
	502.93	181	173.20		
			Rata2=	**0.248**	**0.0395**
	y' = 989411e-0.0172x				
18	363.28	2110	2000.77	0.213	0.0339
	382.81	1670	1617.13	0.213	0.0339
	402.34	1350	1307.06	0.213	0.0339
	421.88	868	1056.32	0.639	0.1017
	480.47	607	557.75		
			Rata2=	**0.319**	**0.0509**
	y' = 104929e-0.0109x				
21	70.31	1030	1083.99	0.205	0.0327
	97.66	898	882.96	0.176	0.0280
	121.09	802	740.67	0.205	0.0327
	148.44	595	603.31	0.381	0.0606
	199.22	404	412.23		0.0360
			Rata2=	**0.242**	**0.0385**
	y' = 1836.7e-0.0075x				

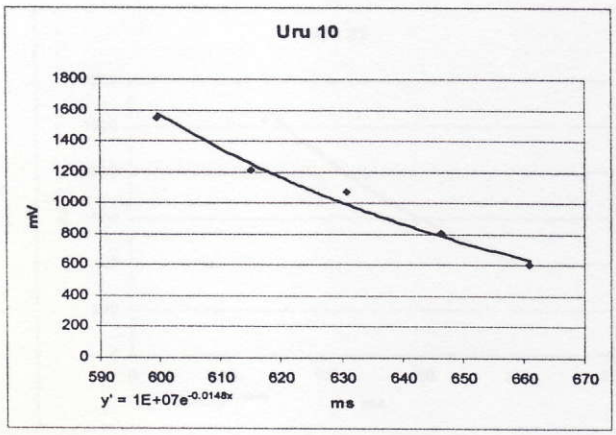
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



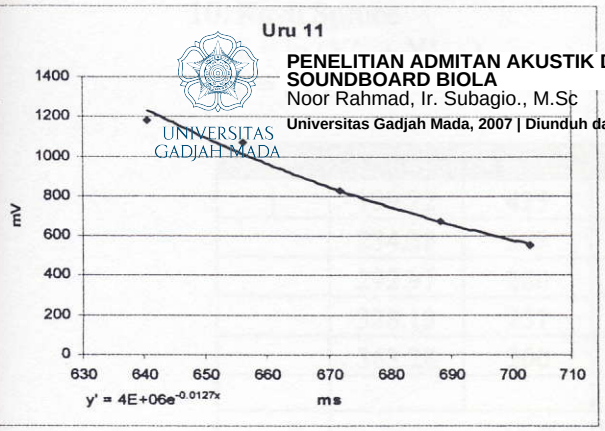


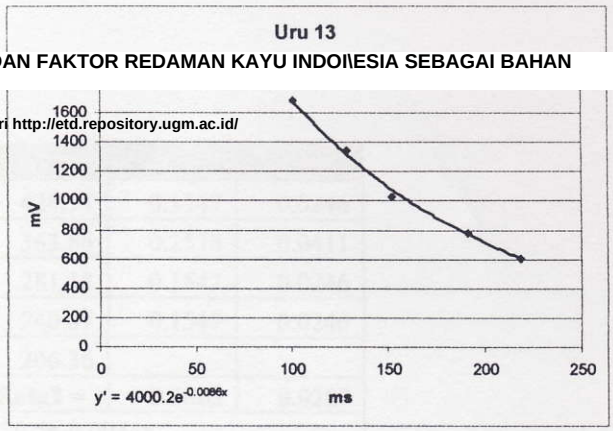


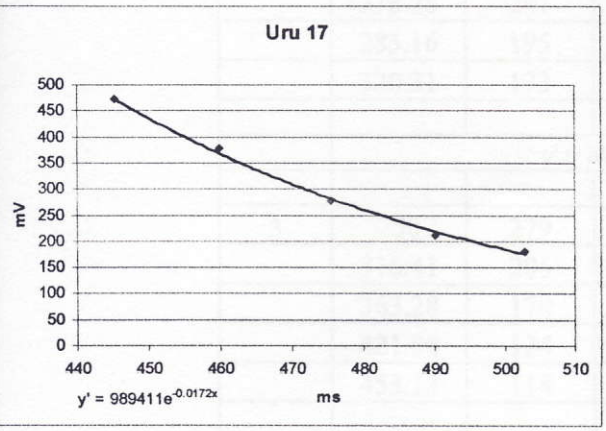


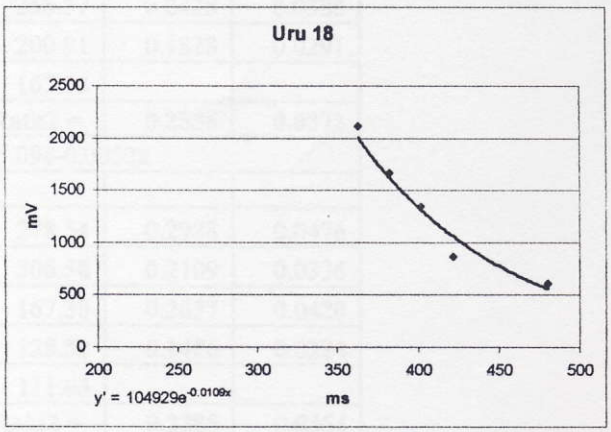


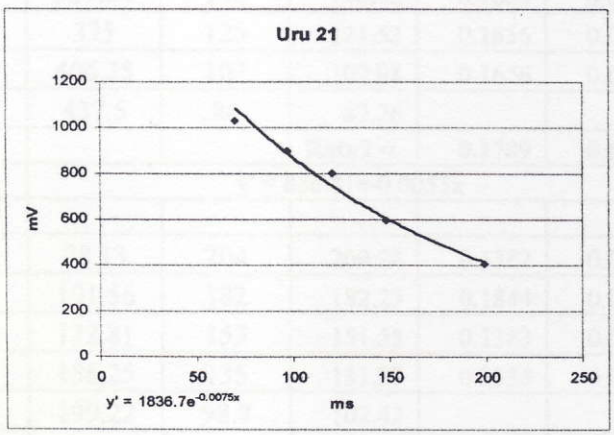
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/











10. Kayu Spruce

$\delta = \ln (Y_1 + Y_2 \ldots)$

$\zeta = \delta / \pi$

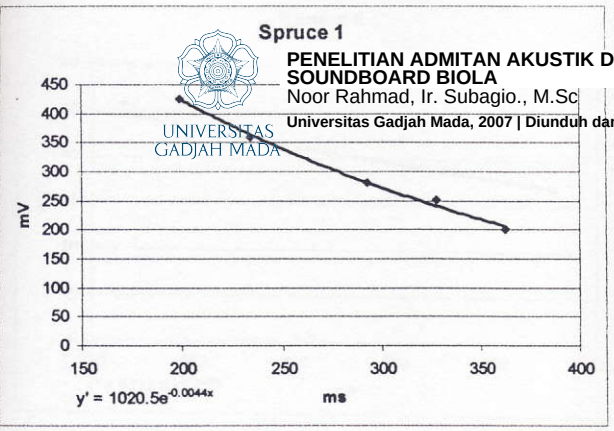
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

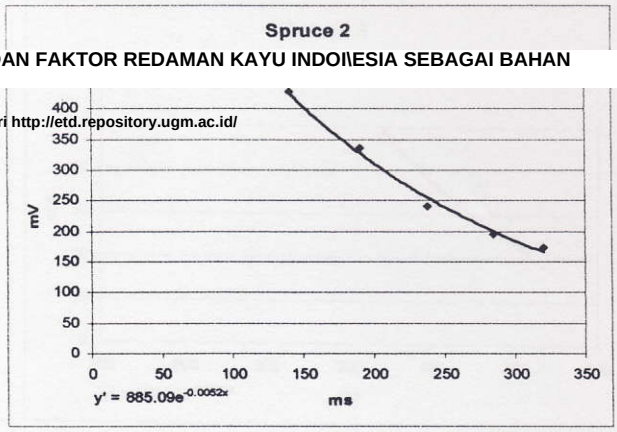
No.	X (ms)	Y (mV)	Y'	δ	ζ
1	199.22	425	424.74	0.1547	0.0246
	234.38	359	363.86	0.2578	0.0411
	292.97	280	281.18	0.1547	0.0246
	328.13	251	240.87	0.1547	0.0246
	363.28	200	206.36		
			Rata2 =	**0.1805**	**0.0287**
	y' = 1020.5e-0.0044x				
2	140.63	428	425.99	0.2641	0.0420
	191.41	336	327.13	0.2437	0.0388
	238.28	241	256.37	0.2438	0.0388
	285.16	195	200.91	0.1828	0.0291
	320.31	173	167.35		
			Rata2 =	**0.2336**	**0.0372**
	y' = 885.09e-0.0052x				
3	250	279	278.54	0.2988	0.0476
	316.41	205	206.58	0.2109	0.0336
	363.28	170	167.30	0.2637	0.0420
	421.88	124	128.52	0.1406	0.0224
	453.13	114	111.66		
			Rata2 =	**0.2285**	**0.0364**
	y' = 857.95e-0.0045x				
4	308.5	170	172.88	0.1661	0.0264
	339.84	146	146.42	0.1863	0.0297
	375	125	121.53	0.1656	0.0264
	406.25	107	102.98	0.1656	0.0264
	437.5	84	87.26		
			Rata2 =	**0.1709**	**0.0272**
	y' = 886.81e-0.0053x				
5	78.13	204	209.24	0.1382	0.0220
	101.56	182	182.23	0.1844	0.0294
	132.81	153	151.55	0.1383	0.0220
	156.25	135	131.97	0.2535	0.0404
	199.22	98.8	102.42		
				0.1786	**0.0284**
	y' = 331.78e-0.0059x				

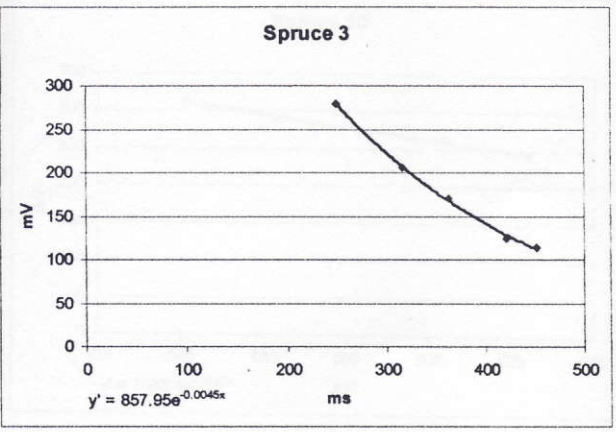
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

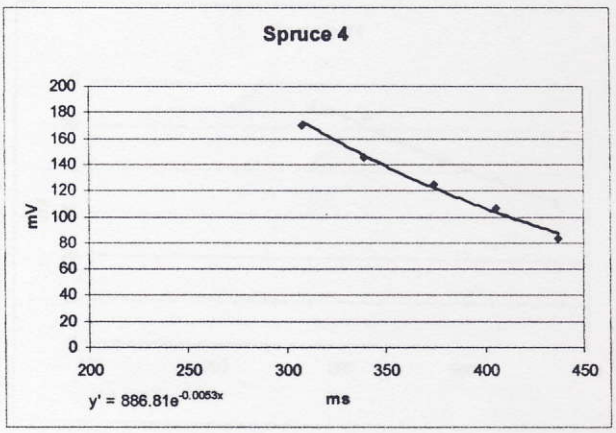
No.	X (ms)	Y (mV)	Y'	δ	r
	553.97	44	47.48	0.1189	0.0189
	573.242	41.8	42.13	0.1020	0.0162
	584.961	37.5	38.04	0.0935	0.0149
	595.707	34	34.65		
			Rata2 =	**0.0925**	**0.0147**
	y' = 6172.5e-0.0087x				
8	370.117	48.1	48.86	0.2111	0.0336
	392.578	41.2	39.56	0.2137	0.0340
	415.309	33.3	31.95	0.1994	0.0318
	436.523	25.8	26.18	0.2020	0.0322
	458.008	21.7	21.39		
			Rata2 =	**0.2065**	**0.0329**
	y' = 1584.7e-0.0094x				
10	541.016	314	311.02	0.0623	0.0099
	562.5	289	292.24	0.0597	0.0095
	583.08	274	275.30	0.0593	0.0094
	603.516	265	259.46	0.0595	0.0095
	624.023	243	244.48		
			Rata2 =	**0.0602**	**0.0096**
	y' = 1493.4e-0.0029x				
11	239.258	54.6	55.93	0.1139	0.0181
	260.742	52.3	49.91	0.1656	0.0264
	291.992	42.1	42.29	0.1190	0.0190
	314.453	38.7	37.55	0.1190	0.0190
	336.914	33	33.33		
			Rata2 =	**0.1294**	**0.0206**
	y' = 198.78e-0.0053x				
14	611.328	1140	1135.47	0.1046	0.0167
	631.836	1030	1022.71	0.1046	0.0167
	652.344	947	921.14	0.1046	0.0167
	672.852	839	829.67	0.1046	0.0167
	693.359	750	747.28		
			Rata2 =	**0.1046**	**0.0167**
	y' = 25657e-0.0051x				

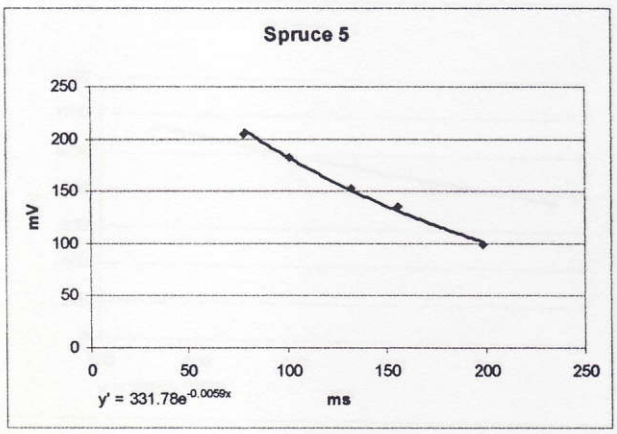
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



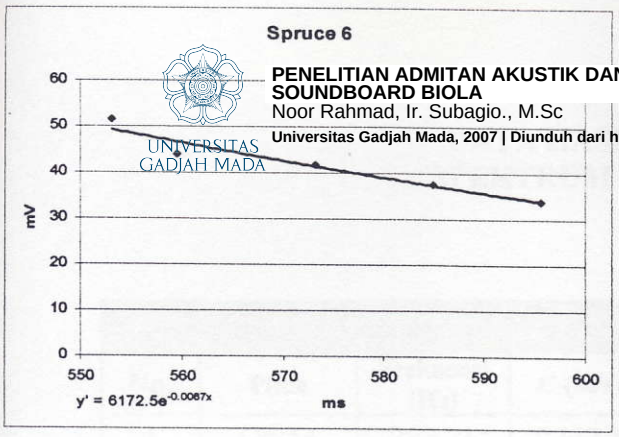


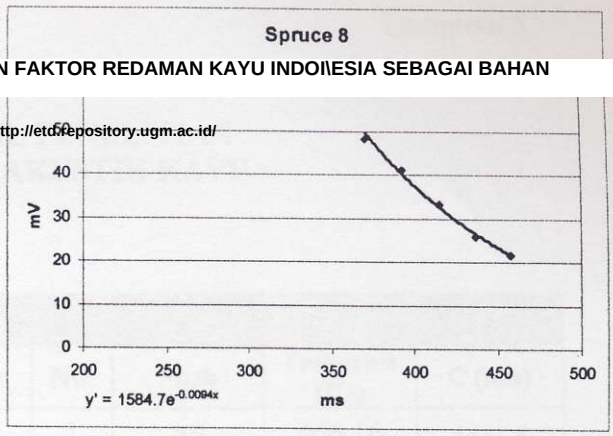


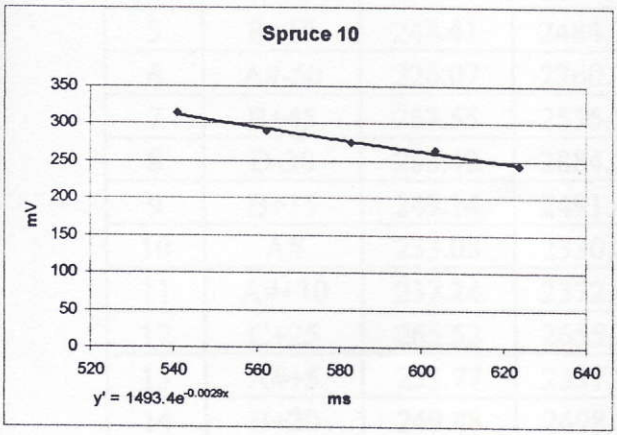


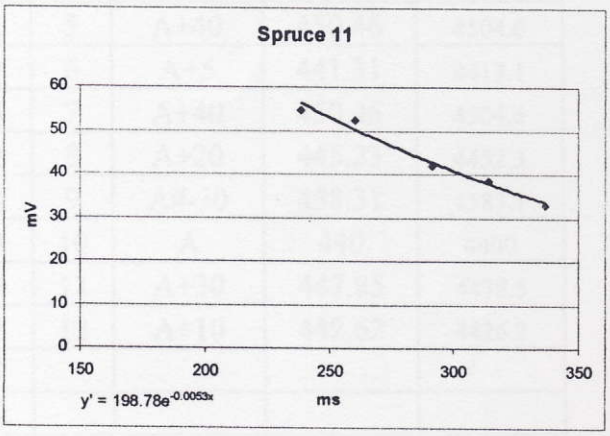


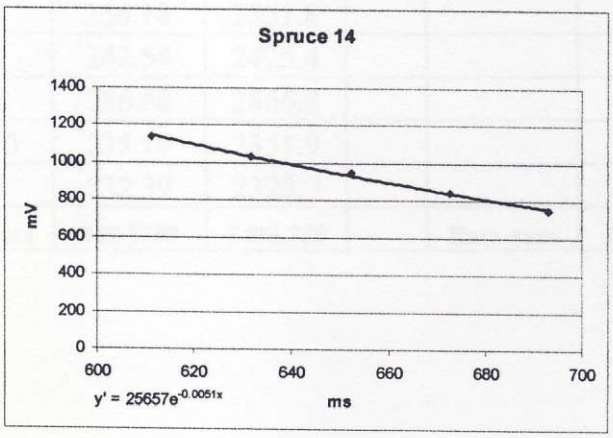
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/











UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DATA HASIL PENELITIAN
SPEKTRUM AKUSTIK KAYU

Akasia				Berura			
No.	Pitch	Frekuensi (Hz)	C (m/s)	No.	Pitch	Frekuensi (Hz)	C (m/s)
1	C#-15	274.71	2747.1	1	A#	466.16	4661.6
2	B+20	249.88	2498.8	2	A+30	447.85	4478.5
3	A#	233.08	2330.8	3	A+40	450.46	4504.6
4	A#+5	233.77	2337.7	4	A+20	445.23	4452.3
5	B+10	248.41	2484.1	5	A+40	450.46	4504.6
6	A#-50	226.07	2260.7	6	A+5	441.31	4413.1
7	B+45	253.55	2535.5	7	A+40	450.46	4504.6
8	D-30	288.42	2884.2	8	A+20	445.23	4452.3
9	B+15	249.14	2491.4	9	A#-30	458.31	4583.1
10	A#	233.08	2330.8	10	A	440	4400
11	A#+30	237.24	2372.4	11	A+30	447.85	4478.5
12	C+25	265.52	2655.2	12	A+10	442.62	4426.2
13	A#+5	233.77	2337.7				
14	B+20	249.88	2498.8				
15	A#-25	229.62	2296.2				
16	C+25	265.52	2655.2				
17	C	261.63	2616.3				
18	C-35	256.18	2561.8				
19	B-30	242.54	2425.4				
20	D-40	286.68	2866.8				
21	A#+10	235.19	2351.9				
22	A#-5	232.39	2323.9				
	Rata-rata	**249.3759**	**2493.759**		**Rata-rata**	**448.8283**	**4488.283**

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

lanjutan

Jatilenek				Mahoni			
No.	Pitch	Frekuensi (Hz)	C (m/s)	No	Pitch	Frekuensi (Hz)	C (m/s)
1	G-30	385.01	3850.1	1	C#	277.18	2771.8
2	G#-30	408.31	4083.1	2	D	293.66	2936.6
3	G+15	395.5	3955	3	C	261.63	2616.3
4	A#+45	478.63	4786.3	4	C#-30	272.24	2722.4
5	G+15	395.5	3955	5	C#+10	278.83	2788.3
6	G+20	396.66	3966.6	6	D#	311.13	3111.3
7	G#-40	429.54	4295.4	7	C#+40	283.77	2837.7
8	A#+30	474.48	4744.8	8	C+30	266.29	2662.9
9	G#+20	420.24	4202.4	9	D-30	288.42	2884.2
10	G#-50	402.95	4029.5	10	C#-30	272.24	2722.4
11	G-40	382.68	3826.8	11	D+40	300.64	3006.4
12	G-30	385.01	3850.1	12	C#-15	274.71	2747.1
				13	C-30	256.96	2569.6
				14	C-30	256.96	2569.6
				15	D	293.66	2936.6
				16	C#+10	278.83	2788.3
				17	C+30	266.29	2662.9
				18	D-30	288.12	2881.2
				19	C+20	264.74	2647.4
				20	C-5	260.85	2608.5
	Rata-rata	**412.8758**	**4128.758**		**Rata-rata**	**277.3575**	**2773.575**

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

lanjutan

Pinus				Rowo			
No	Pitch	Frekuensi (Hz)	C (m/s)	No	Pitch	Frekuensi (Hz)	C (m/s)
1	A+20	445.23	4452.3	1	B	246.94	2469.4
2	A#	466	4660	2	B+50	254.28	2542.8
3	G	392	3920	3	C-30	256.96	2569.6
4	G#-40	429.54	4295.4	4	B	246.94	2469.4
5	A#+40	477.25	4772.5	5	C#+20	280.48	2804.8
6	G#+10	417.77	4177.7	6	C#+40	283.77	2837.7
7	F#+10	372.19	3721.9	7	D+30	298.89	2988.9
8	G-30	385.01	3850.1	8	B+20	249.88	2498.8
9	G-30	385.01	3850.1	9	C+15	263.96	2639.6
10	G+10	394.33	3943.3	10	D-10	291.91	2919.1
11	G+10	394.33	3943.3	11	C-40	255.41	2554.1
				12	C#+40	283.77	2837.7
				13	C#+10	278.83	2788.3
				14	C#+10	278.83	2788.3
				15	C#+35	282.95	2829.5
				16	C#+20	280.48	2804.8
				17	B+30	251.34	2513.4
				18	C#+10	278.83	2788.3
				19	B-30	242.56	2425.6
				20	D-5	292.79	2927.9
				21	B+30	251.34	2513.4
				22	C	261.63	2616.3
				23	C#+30	282.12	2821.2
				24	B-10	245.42	2454.2
	Rata-rata	**414.4236**	**4144.236**		**Rata-rata**	**268.3463**	**2683.463**

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

lanjutan

Sengon				Sonokembang			
No	**Pitch**	**Frekuensi (Hz)**	**C (m/s)**	**No**	**Pitch**	**Frekuensi (Hz)**	**C (m/s)**
1	F#+25	375.49	3754.9	1	C+40	267.85	2678.5
2	F#-25	364.49	3644.9	2	D+5	299.53	2995.3
3	F#-25	364.69	3646.9	3	D#+10	312.98	3129.8
4	F#+30	376.59	3765.9	4	C	261.63	2616.3
5	F#	369.99	3699.9	5	B-10	245.47	2454.7
6	F#-40	361.19	3611.9	6	B+10	248.41	2484.1
7	F#-20	365.59	3655.9	7	C-10	260.07	2600.7
8	F#-35	362.29	3622.9	8	D#+20	314.83	3148.3
9	F#-15	366.69	3666.9	9	E-20	325.71	3257.1
				10	E+10	331.59	3315.9
				11	E+15	332.57	3325.7
				12	D#+50	320.38	3203.8
				13	D#-30	305.58	3055.8
				14	C#+5	278	2780
				15	C#+30	282.12	2821.2
				16	C#+20	280.48	2804.8
				17	C#+40	283.77	2837.7
				18	C	261.63	2616.3
				19	C	261.63	2616.3
				20	D#-+10	312.98	3129.8
				21	D#-20	307.43	3074.3
				22	D#-20	307.43	3074.3
				23	D+40	300.64	3006.4
	Rata-rata	**367.4456**	**3674.456**		**Rata-rata**	**291.4222**	**2914.222**

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

lanjutan

Uru				Spruce			
No	**Pitch**	**Frekuensi (Hz)**	**C (m/s)**	**No**	**Pitch**	**Frekuensi (Hz)**	**C (m/s)**
1	G-50	380.35	3803.5	1	F#+40	378.79	3787.9
2	G+20	396.66	3966.6	2	F#-10	367.79	3677.9
3	G-35	383.84	3838.4	3	F	349.23	3492.3
4	G-40	382.68	3826.8	4	F+15	352.35	3523.5
5	G-30	385.01	3850.1	5	F+40	357.54	3575.4
6	A#+40	477.25	4772.5	6	F+15	352.35	3523.5
7	G-40	382.68	3826.8	7	F-10	347.15	3471.5
8	G-40	382.68	3826.8	8	F#+40	378.79	3787.9
9	A#+50	480.02	4800.2	9	F-30	342.99	3429.9
10	G-40	382.68	3826.8	10	F#-45	360.09	3600.9
11	G-40	382.68	3826.8	11	F#-15	366.69	3666.9
12	G-35	383.84	3838.4	12	F+45	358.58	3585.8
13	A#-25	459.23	4592.3	13	F#-45	360.09	3600.9
14	G	392	3920	14	F#-45	360.09	3600.9
15	A#-10	463.39	4633.9	15	B+45	253.55	2535.5
16	G-20	387.34	3873.4	16	F+30	355.46	3554.6
17	G+50	403.66	4036.6	17	F+40	357.54	3575.4
18	A#+50	480.02	4800.2	18	F	349.23	3492.3
19	A#+40	477.25	4772.5	19	F+15	352.35	3523.5
20	A	440	4400	20	F-35	341.96	3419.6
21	A#+25	473.53	4735.3	21	F#-25	364.49	3644.9
				22	F+25	354.42	3544.2
				23	F#+5	371.09	3710.9
				24	F#+15	373.29	3732.9
				25	F#	369.99	3699.9
	Rata-rata	**417.9424**	**4179.424**		**Rata-rata**	**355.0356**	**3550.356**

DATA HASIL PERHITUNGAN

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Admitan akustik = c/ρ

Spesimen	No.	c (m/s)	P (kg/m^3)	Ac. Admittance	Ac. Admit rata
Akasia	1	2747.1	1030	2.667087	
	6	2260.7	1043.288	2.166899	
	7	2535.5	984.0457	2.576608	
	8	2884.2	1020	2.827647	
	10	2330.8	1015.974	2.294153	2.615557335
	12	2655.2	919.2	2.888599	
	16	2655.2	947.9	2.801139	
	19	2425.4	960.3488	2.525541	
	20	2866.8	971.6	2.950597	
	21	2351.9	957.1061	2.457303	
Berura	1	4661.6	601.28	7.752818	
	2	4478.5	522.08	8.578178	
	3	4504.6	607.76	7.411763	
	4	4452.3	528.82	8.419383	
	6	4413.1	600.90	7.344102	8.028798
	7	4504.6	529.31	8.510255	
	8	4452.3	528.32	8.427334	
	9	4583.1	567.10	8.081577	
	10	4400	623.60	7.05577	
	12	4426.2	508.36	8.7068	
Jatilenek	1	3850.1	528.067	7.290929	
	2	4083.1	535.426	7.625895	
	3	3955	551.016	7.177654	
	4	4786.3	537.172	8.910186	
	6	3966.6	515.595	7.693247	7.671874694
	7	4295.4	528.566	8.126516	
	8	4744.8	521.706	9.094771	
	9	4202.4	572.343	7.342451	
	11	3826.8	570.472	6.708128	
	12	3850.1	570.472	6.748971	

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Spesimen	No.	c (m/s)	P (kg/m^3)	Ac. Admittance	Ac. Admit rata
Mahoni	1	2771.8	578.2	4.793843	
	2	2936.6	572.9	5.125851	
	3	2616.3	548.4	4.770788	
	4	2722.4	597.7	4.554793	
	5	2788.3	680.5	4.097428	4.743073175
	6	3111.3	632.957	4.915498	
	7	2837.7	551.639	5.144122	
	8	2662.9	601.902	4.424144	
	9	2884.2	605.643	4.762209	
	10	2722.4	562.241	4.842055	
Pinus	1	4452.3	454.607	9.793741	
	2	4660	523.827	8.896073	
	3	3920	461.466	8.494661	
	4	4295.4	610.133	7.040101	
	5	4772.5	533.555	8.944723	
	6	4177.7	523.827	7.975349	8.040022202
	7	3721.9	528.691	7.039843	
	8	3850.1	521.083	7.388653	
	9	3850.1	536.299	7.179022	
	10	3943.3	515.595	7.648056	
Rowo	2	2542.8	449.992	5.650767	
	4	2469.4	513.3501	4.810362	
	5	2804.8	542.0358	5.174566	
	8	2498.8	563.2383	4.436488	
	11	2554.1	533.3054	4.789188	
	12	2837.7	540.9134	5.246127	5.067012633
	16	2804.8	549.5191	5.104099	
	19	2425.6	491.8981	4.931102	
	20	2927.9	529.8132	5.526287	
	23	2821.2	564.1114	5.00114	
Sengon	1	3754.9	387.632	9.686772	
	2	3644.9	408.709	8.91807	
	3	3646.9	393.992	9.256269	9.584291439
	4	3765.9	393.494	9.570423	
	5	3699.9	352.71	10.48992	

Specimen Soekembang GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDONESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

	1	2678.5	802.1	3.339359	
	6	2484.1	910.9	2.727083	
	11	3325.7	917.3202	3.625452	
	12	3203.8	829.4	3.862792	
	13	3055.8	855.3	3.572781	3.48887809
	14	2780	816.1718	3.406146	
	15	2821.2	772.1454	3.653716	
	16	2804.8	737.1	3.805182	
	17	2837.7	721.1347	3.935049	
	19	2616.3	883.5209	2.96122	
Uru	5	3850.1	462.4641	8.325187	
	6	4772.5	469.448	10.16619	
	8	3826.8	463.7113	8.252549	
	9	4800.2	517.092	9.283073	
	10	3826.8	383.3912	9.98145	
	11	3826.8	363.0617	10.54036	9.56714711
	13	4592.3	462.838	9.922041	
	17	4036.6	455.6044	8.859878	
	18	4800.2	458.972	10.45859	
	21	4735.3	479.177	9.882159	
Spruce	1	3787.9	390.874	9.690836	
	2	3677.9	453.11	8.117013	
	3	3492.3	384.015	9.094181	
	4	3523.5	369.422	9.53786	
	5	3575.4	372.541	9.597346	
	6	3523.5	377.5293	9.33305	9.165702178
	8	3787.9	468.4507	8.086017	
	10	3600.9	370.9191	9.708046	
	11	3666.9	385.262	9.517938	
	14	3600.9	401.2263	8.974737	

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

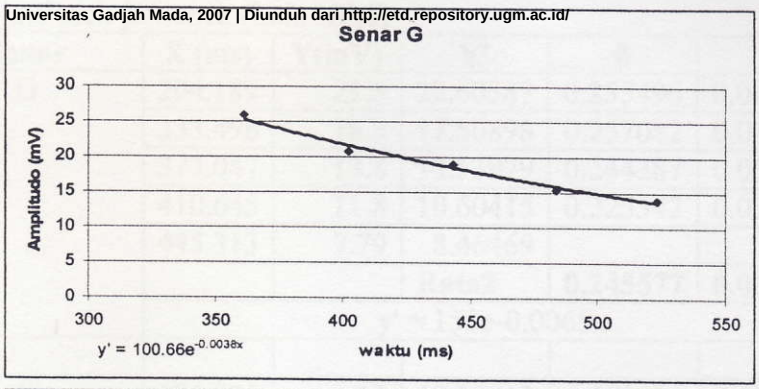
DATA HASIL PENELITIAN
FAKTOR REDAMAN BIOLA

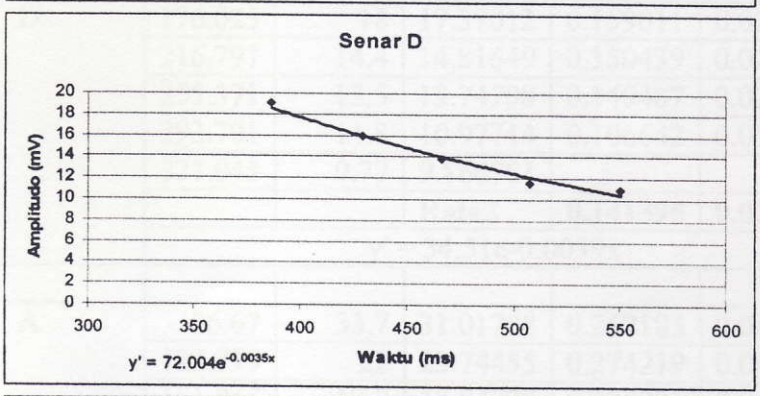
Biola Spruce-maple (Scott Co)

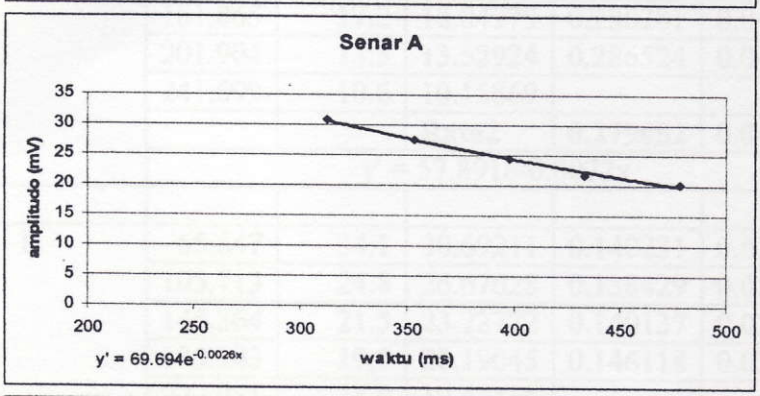
Senar	X (ms)	Y(mV)	Y'	δ	ζ
G	361.33	25.9	25.50041	0.155838	0.024815
	402.34	20.8	21.82064	0.155876	0.024821
	443.36	19	18.67117	0.155876	0.024821
	484.38	15.3	15.97627	0.148428	0.023635
	523.44	13.9	13.77254		
			Rata2	**0.154005**	**0.024523**
	y' = 100.66e-0.0038x				
D	386.72	19	18.60075	0.150395	0.023948
	429.69	15.9	16.00349	0.129885	0.020682
	466.8	13.8	14.05421	0.143535	0.022856
	507.81	11.6	12.17502	0.150395	0.023948
	550.78	10.9	10.475		
			Rata2	**0.143553**	**0.022859**
	y' = 72.004e-0.0035x				
A	312.5	30.9	30.92653	0.106652	0.016983
	353.52	27.6	27.79795	0.116792	0.018597
	398.44	24.4	24.73379	0.09139	0.014553
	433.59	21.6	22.57358	0.116818	0.018602
	478.52	20.3	20.08478		
			Rata2	**0.107913**	**0.017184**
	y' = 69.694e-0.0026x				
E	207.03	39.6	41.38553	0.205075	0.032655
	289.06	36.4	33.71208	0.209975	0.033436
	373.05	28.3	27.32717	0.2002	0.031879
	453.13	22.1	22.36912	0.200175	0.031875
	533.2	18.6	18.31108		
			Rata2	**0.203856**	**0.032461**
	y' = 69.443e-0.0025x				

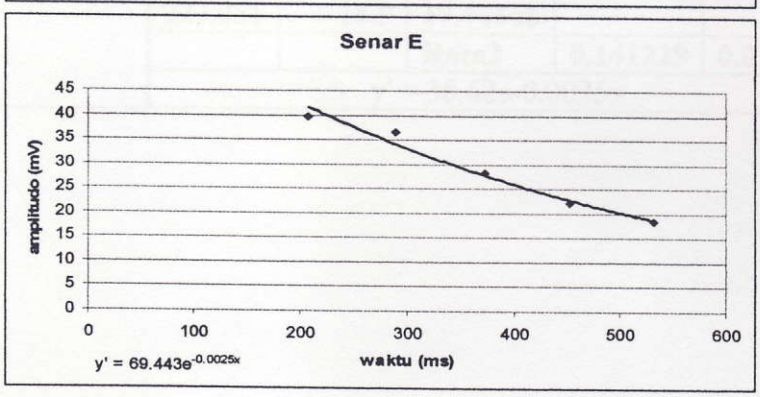
UNIVERSITAS
GADJAH MADA

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/









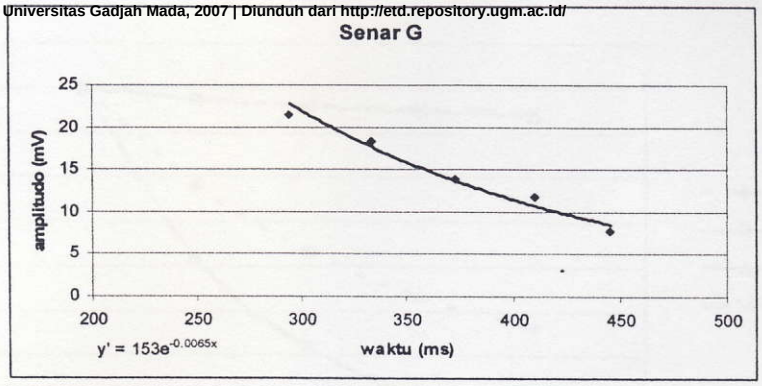
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

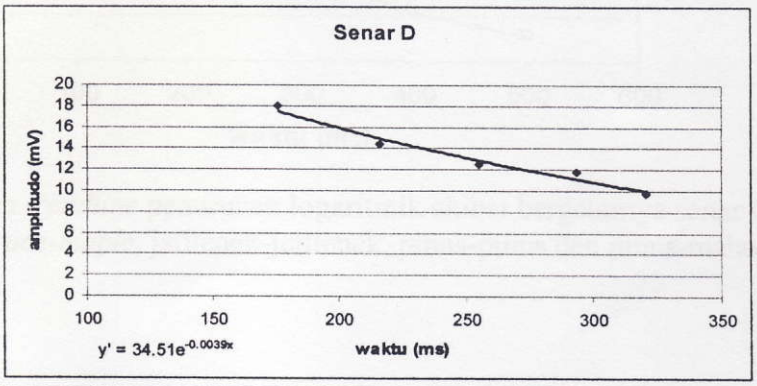
Biola jatirenek-jatirenek (Lalu Hilal)

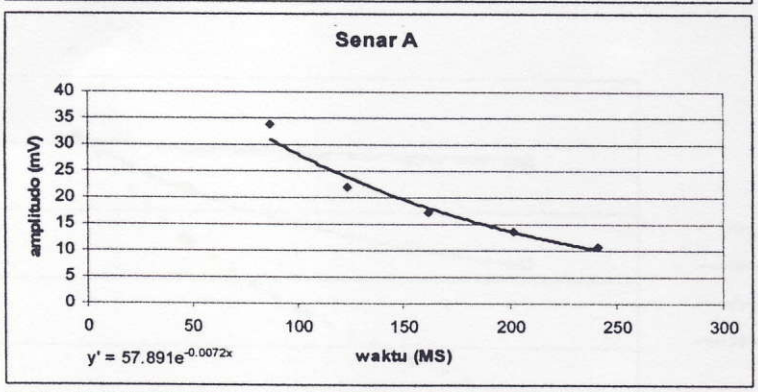
Senar	X (ms)	Y(mV)	Y'	δ	ζ
G	294.189	21.5	22.60587	0.255496	0.040684
	333.496	18.3	17.50898	0.257082	0.040937
	373.047	13.8	13.53979	0.244387	0.038915
	410.645	11.8	10.60415	0.225342	0.035882
	445.313	7.79	8.46469		
			Rata2	**0.245577**	**0.039105**
	y' = 153e-0.0065x				
D	176.025	18	17.37012	0.159011	0.02532
	216.797	14.4	14.81649	0.150439	0.023955
	255.371	12.5	12.74708	0.149487	0.023804
	293.701	11.8	10.97714	0.106642	0.016981
	321.045	9.77	9.866781		
			Rata2	**0.141395**	**0.022515**
	y' = 34.51e-0.0039x				
A	86.67	33.7	31.01708	0.267185	0.042545
	123.779	22	23.74455	0.274219	0.043665
	161.865	17.2	18.04979	0.288281	0.045905
	201.904	13.5	13.52924	0.286524	0.045625
	241.699	10.6	10.15869		
			Rata2	**0.279052**	**0.044435**
	y' = 57.891e-0.0072x				
E	65.647	34.1	30.69211	0.140231	0.02233
	105.713	24.8	26.67628	0.138429	0.022043
	145.264	21.5	23.22772	0.140137	0.022315
	185.303	19.9	20.19045	0.146118	0.023267
	227.051	18.9	17.44568		
			Rata2	**0.141229**	**0.022489**
	y' = 38.62e-0.0035x				

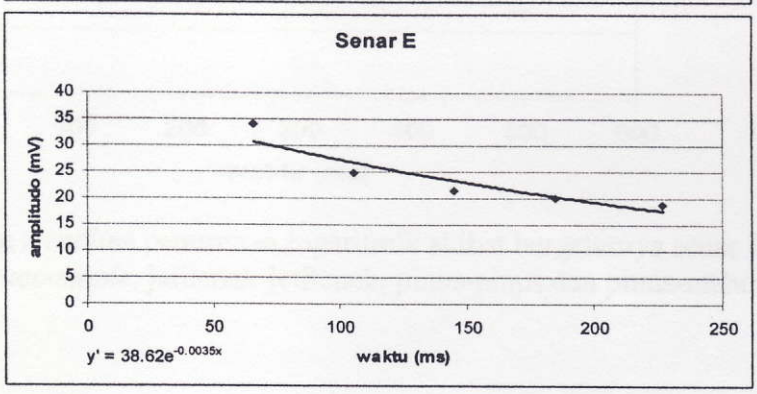
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Biola jatilenek-jatilenek

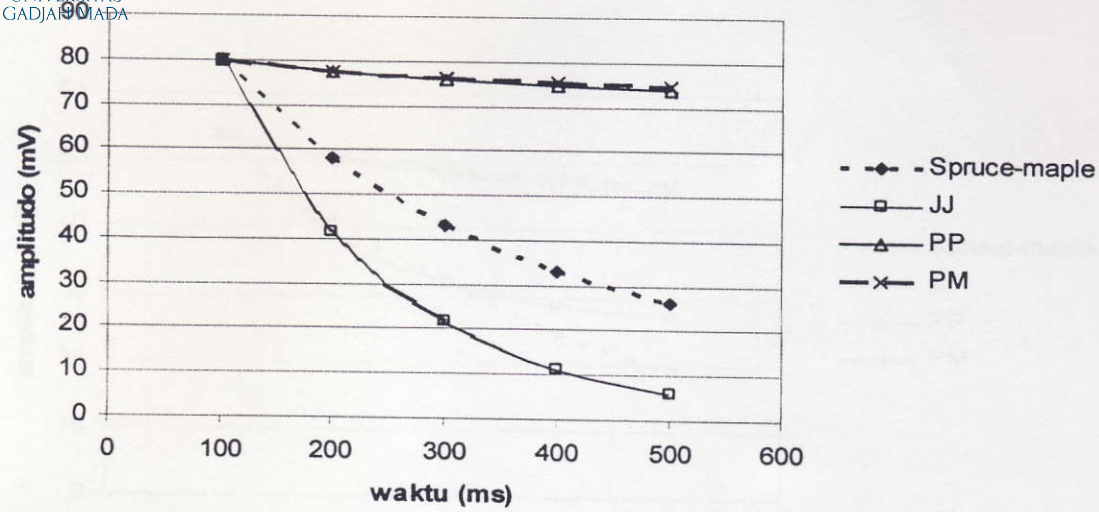




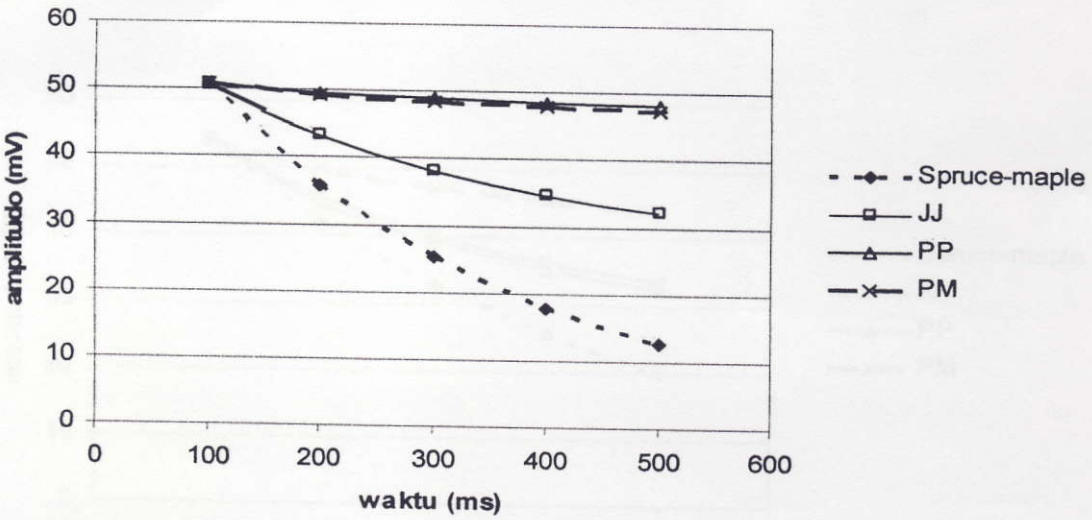




UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

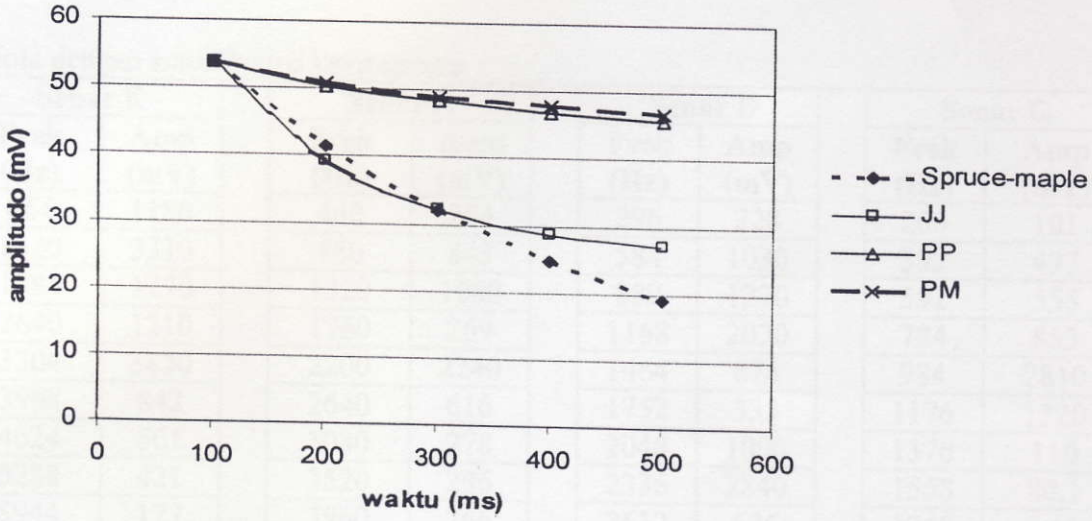


Perbandingan *trendline* penurunan logaritmik akibat bergetarnya senar G pada biola *spruce-maple*, jatilenek-jetilenek, pinus-pinus dan pinus-mahoni.

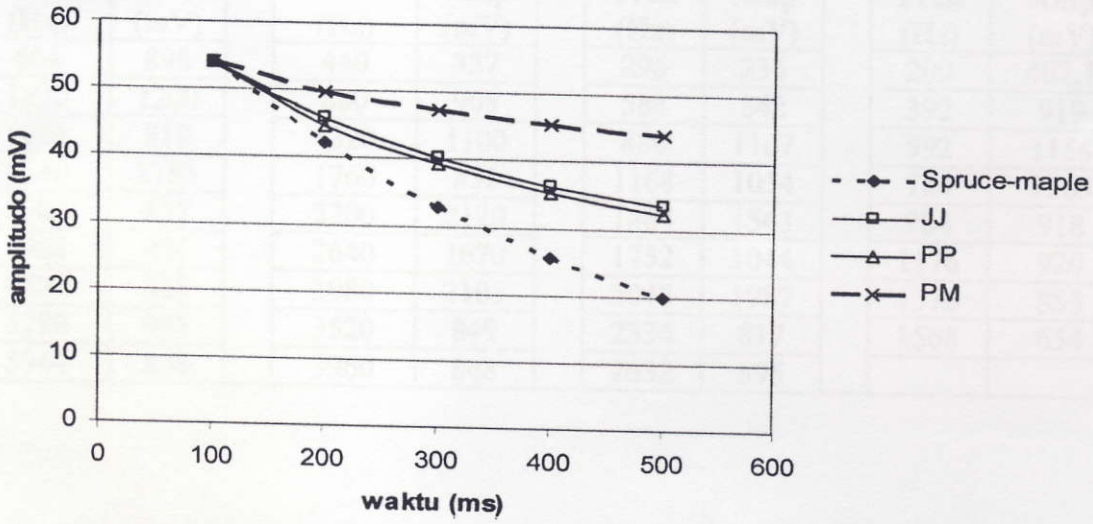


Perbandingan *trendline* penurunan logaritmik akibat bergetarnya senar D pada biola *spruce-maple*, jatilenek-jetilenek, pinus-pinus dan pinus-mahoni.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Perbandingan *trendline* penurunan logaritmik akibat bergetarnya senar A pada biola *spruce-maple*, jatilenek-jetilenek, pinus-pinus dan pinus-mahoni.



Perbandingan *trendline* penurunan logaritmik akibat bergetarnya senar E pada biola *spruce-maple*, jatilenek-jetilenek, pinus-pinus dan pinus-mahoni.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DATA HASIL PENELITIAN
SPEKTRUM FREKUENSI BIOLA

Biola dengan *soundboard* kayu *spruce*

Senar E		Senar A		Senar D		Senar G	
Frek (Hz)	Amp (mV)	Frek (Hz)	Amp (mV)	Frek (Hz)	Amp (mV)	Frek (Hz)	Amp (mV)
664	1180	440	254	296	228	200	101
1320	3310	880	843	584	1030	392	497
1984	1270	1320	1080	880	1270	592	555
2640	1210	1760	269	1168	2030	784	853
3304	3820	2200	2240	1464	874	984	2810
3968	842	2640	616	1752	333	1176	1320
4624	561	3080	278	2048	1000	1376	110
5288	421	3520	296	2336	2840	1568	80.1
5944	177	3960	266	2632	676	1768	146
		4400	191	2920	345	1968	333

Biola dengan *soundboard* kayu jatilenek

Senar E		Senar A		Senar D		Senar G	
Frek (Hz)	Amp (mV)	Frek (Hz)	Amp (mV)	Frek (Hz)	Amp (mV)	Frek (Hz)	Amp (mV)
664	898	440	337	296	236	200	402.1
1320	1200	880	908	584	842	392	919
1984	819	1320	1100	880	1167	592	1154
2640	2785	1760	852	1168	1054	784	1263
3304	857	2200	2120	1464	1543	984	918
3968	996	2640	1670	1752	1044	1176	920
4624	888	3080	2105	2048	1987	1376	853
5288	981	3520	849	2336	817	1568	654
5944	888	3960	848	2632	895		

PENELITIAN ADMITAN AKUSTIK DAN FAKTOR REDAMAN KAYU INDOI\ESIA SEBAGAI BAHAN SOUNDBOARD BIOLA
Noor Rahmad, Ir. Subagio., M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2007 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Biola pinus-pinus

Senar E		Senar A		Senar D		Senar G	
Frek (Hz)	Amp (mV)	Frek (Hz)	Amp (mV)	Frek (Hz)	Amp (mV)	Frek (Hz)	Amp (mV)
664	1160	440	830	296	301	192	149
1320	337	880	1340	584	785	392	687
1984	2350	1328	275	880	839	584	1700
2648	776	1768	1890	1176	492	784	106
3312	1980	2208	462	1464	216	976	423
3968	217	2648	1180	1760	1430	1168	368
4632	435	3088	2810	2056	1730	1368	701
5296	167	3536	2490	2352	1140	1560	341
5960	148	3976	329	2640	235	1752	1030
6640		4416	287	2936	90.7	1952	767

Biola pinus-mahoni

Senar E		Senar A		Senar D		Senar G	
Frek (Hz)	Amp (mV)	Frek (Hz)	Amp (mV)	Frek (Hz)	Amp (mV)	Frek (Hz)	Amp (mV)
656	1170	440	490	296	325	200	130
1312	511	880	1060	592	813	392	533
1960	2670	1320	661	888	654	592	473
2616	1920	1768	1640	1184	481	784	806
3280	584	2208	2350	1480	1390	984	529
3920	465	2648	1800	1176	926	1176	277
4568	171	3088	1890	2064	1450	1376	277
5224	263	3528	1110	2360	2530	1576	379
5920	72.8	3968	608	2656	805	1768	271
6560		4408	101	2952	1120	1968	767