

**PREDIKSI NILAI JARI-JARI PIPA BERUNDAK BERDASARKAN *INPUT*
IMPULSE RESPON (IIR) DENGAN MENGGUNAKAN MATLAB**



Disusun oleh :

**Reza Aditya
M0212063**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
September, 2016**

**PREDIKSI NILAI JARI-JARI PIPA BERUNDAK BERDASARKAN *INPUT*
IMPULSE RESPON (IIR) DENGAN MENGGUNAKAN MATLAB**



Disusun oleh :

**Reza Aditya
M0212063**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian
persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
September, 2016**

HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI

**Prediksi Nilai Jari-jari Pipa Berundak Berdasarkan *Input Impulse Respon* (IIR)
dengan Menggunakan Matlab**

Oleh
Reza Aditya
M0212063

Telah disetujui oleh

Pembimbing 1



Artono Dwijo Sutomo S.Si., M.Si
NIP. 19700128 199903 1 001

Tanggal 11 oktober 2016

Pembimbing 2



Drs. Darmanto M.Si
NIP 19610614 198803 1 002

Tanggal 11 oktober 2016

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul: *Prediksi Nilai Jari-jari Pipa Berundak Berdasarkan Input Impulse Respon (IIR) dengan Menggunakan Matlab*

Yang ditulis oleh :

Nama : Reza Aditya

NIM : M0212063

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada

Hari : Kamis

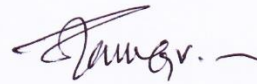
Tanggal : 29 September 2016

Dewan Penguji:

1. Ketua Penguji

Drs. Iwan Yahya M.Si

NIP. 19670730 199302 100 1

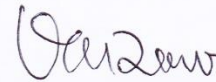


.....

2. Sekretaris Penguji

Darsono S.Si., M.Si

NIP. 19700727 199702 100 1



.....

3. Anggota Penguji 1

Artono Dwijo Sutomo S.Si., M.Si

NIP. 19700128 199903 1 001



.....

4. Anggota Penguji 2

Drs. Darmanto M.Si

NIP. 19610614 198803 1 002



.....

Disahkan pada tanggal 12/10/2016

Oleh

Kepala Program Studi Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret



Dr. Fahu Nurosyid S.Si., M.Si

NIP. 19721013 200003 1 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual Skripsi saya yang berjudul “Prediksi Nilai Jari-jari Pipa Berundak Berdasarkan *Input Impulse Respon* (IIR) dengan Menggunakan Matlab“ adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini Skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di daftar pustaka Skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis di bagian ucapan terimakasih. Isi Skripsi ini boleh dirujuk atau diperbanyak secara bebas tanpa harus memberitahu penulis.

Surakarta, September 2016

Reza Aditya
NIM. M0212063

MOTTO

“Barang siapa yang menghendaki kehidupan dunia maka wajib baginya memiliki ilmu, barang siapa yang menghendaki kehidupan akhirat, maka wajib baginya memiliki ilmu dan barang siapa menghendaki keduanya maka wajib baginya memiliki ilmu” (HR. Bukhari dan Muslim)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini disusun untuk dipersembahkan kepada:

1. Bapak Pardi dan Ibu Endang Purwaningsih
2. Bapak Artono Dwijo Sutomo, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama
3. Bapak Drs. Darmanto, M.Si selaku Dosen Pembimbing Pendamping
4. Teman-teman Grup Riset Elektronika dan Instrumentasi
5. Teman-teman Club Robotika
6. Teman-teman angkatan 2012
7. Semua teman-teman jurusan FMIPA Fisika
8. Semua pembaca

Prediksi Nilai Jari-jari Pipa Berundak Berdasarkan *Input Impulse Respon* (IIR) dengan Menggunakan Matlab

Reza Aditya

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Sebelas Maret

ABSTRAK

Simulasi untuk memperoleh data *input impedance* pada pipa berundak 4 telah dilakukan. Dari data *input impedance* yang diperoleh dapat diketahui jari-jari masing-masing pipa dengan menggunakan algoritma yang dikembangkan oleh Ware dan Aki (1968). Pada algoritma ini dijelaskan cara untuk memperoleh nilai luasan penampang masing-masing segmen pada pipa. Dari luasan tersebut dapat diketahui nilai jari-jari dengan memanfaatkan rumus luas lingkaran. Nilai *input impedance* berhubungan erat dengan reflektansi atau IIR dari sinyal bunyi dari sumber oleh pipa objek. Pada simulasi diperhitungkan juga faktor *loss* atau faktor penyebab disipasi energi dari sumber bunyi yang diberikan. Faktor yang diperhitungkan adalah faktor viskositas gas dalam pipa dan faktor konduktivitas thermal dinding pipa. Pada simulasi digunakan 2 frekuensi sumber yaitu rentang 1 sampai 16000 Hz dan 800 sampai 16000 Hz. Hasil yang lebih optimal diperoleh dari penggunaan frekuensi 800 sampai 16000 Hz dengan ditunjukkan oleh hasil perhitungan jari-jari yang mendekati nilai sebenarnya.

Kata Kunci: Simulasi, impedansi masukan, reflaktansi, IIR, algoritma Ware dan Aki

Prediction Radius of Staircase Pipe Based on Input Impulse Response (IIR) Using Matlab

Reza Aditya

Physics Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Universitas Sebelas Maret

ABSTRACT

Simulation input impedance to obtain data on a staircase pipe 4 has been performed. From input impedance data can be known radius of each pipe by using an algorithm developed by Ware and Aki (1968). In this algorithm is described how to obtain the value of cross-sectional area of each segment on the pipe. The area can be know from the value of the radius by using the formula area of a circle. Input impedance closely related to the reflectance or IIR of the sound signal from the source by a pipe object. In the simulation also calculated *loss factor* or factors what causing the dissipation of energy from the sound source is given. Loss factor caused by gas viscosity in the pipe and the pipe wall thermal conductivity factor. In the simulations used two frequency sources that range from 1 to 16000 Hz and 800 to 16000 Hz. More optimum results obtained from the use of 800 to 16000 Hz frequency with the value shown by the predictions radius.

Keyword: Simulation, *input impedance*, reflectance, IIR, Ware and Aki algorithm

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan rangkaian penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul “Prediksi Nilai Jari-jari Pipa Berundak Berdasarkan *Input Impulse Respon* (IIR) dengan Menggunakan Matlab” ini dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh derajat Sarjana Pertanian di Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta.

Skripsi ini disusun berdasarkan apa yang telah penulis lakukan pada penelitian di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan masukan dari beberapa pihak. Maka dari itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya yang selalu memberikan dukungan moral maupun material, semangat dan doa restunya.
2. Bapak Prof. Ir. Ari Handono Ramelan MSc.(Hons) selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta sebagai Pembimbing Akademik.
3. Bapak Artono Dwijo Sutomo S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan dukungan, bimbingan dan arahan dari awal penelitian hingga akhir penulisan skripsi.
4. Bapak Drs. Darmanto, M.Si selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan bimbingan serta arahan dari awal penelitian hingga akhir penulisan skripsi.
5. Bapak Dr. Fahru Nur Rosyid S.Si., M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta.
6. Ibu Dr. Yofentina Iriani S.Si., M.Si selaku Dosen Ketua Pelaksanaan Skripsi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA)

Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta yang memberikan arahan dan motivasi.

7. Teman-teman Club Robotik yang selalu membantu dalam pengerjaan penelitian ini.
8. Teman-teman pengurus Labkom Fisika atas semua bantuan dan semangatnya.
9. Teman-Teman Angkatan 2012 yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu untuk waktu, ilmu dan bantuan selama menjalani aktivitas bersama.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam kegiatan dan penyelesaian penulisan laporan ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini penulis masih sangat jauh dari sempurna karena keterbatasan ilmu yang dimiliki oleh penulis. Maka dari itu, penulis mohon kritik dan saran yang bersifat membangun. Dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Surakarta, September 2016

Penulis

PUBLIKASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Prediksi Nilai Jari-jari Pipa Berundak Berdasarkan *Input Impulse Respon* (IIR) dengan Menggunakan Matlab” telah dipublikasikan pada:

Sebelas Maret *University Institutional Repository* (UNS-IR), pada tanggal 5 September 2016, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN ABSTRAK	vii
HALAMAN ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
PUBLIKASI	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1. Latar Belakang Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.2. Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3. Perumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.4. Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.5. Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1. Pengukuran	Error! Bookmark not defined.
2.2. Reflektometer	Error! Bookmark not defined.
2.3. Perambatan Gelombang Bunyi di Udara	Error! Bookmark not defined.
2.4. Perambatan Gelombang Bunyi di Pipa	Error! Bookmark not defined.
2.5. Perambatan Gelombang Bunyi pada Pipa dengan Diameter Berbeda	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
2.6. Impedansi Masukan (<i>Input Impedance</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.7. Impedansi Pada Pipa	Error! Bookmark not defined.
2.8. Prediksi Jari-jari Pipa	Error! Bookmark not defined.
2.9. Simulasi	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2. Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.2.1. Alat penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2.2. Bahan Penelitian	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Nilai konstanta	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.1. Nilai konstanta m dan c pada rentang frekuensi 1 sampai 16000 Hz	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.2. Prediksi jari-jari masing-masing segmen pada pipa berundak pada rentang frekuensi 1 sampai 16000 Hz .	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.3. Nilai konstanta m dan c pada rentang frekuensi 800 sampai 16000 Hz	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.4. Prediksi jari-jari masing-masing segmen pada pipa berundak pada rentang frekuensi 800 sampai 16000 Hz	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Halaman

- Gambar 2.1. Reflektometer**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.2. Perambatan gelombang bunyi pada pipa..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.3. Pipa silinder dengan beberapa bagian **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.1. Tahapan metode penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.2. *Flowchart* simulasi dalam Matlab.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.3. *Flowchart* program perhitungan prediksi jari-jari..**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.1. Perambatan gelombang planar pada pipa..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.2. Pipa berundak dengan empat buah segmen..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.3. Impedansi dalam pipa berundak tiga.**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.4. Grafik hubungan *input impedance* pipa berundak 3 dengan frekuensi hasil simulasi.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.5. Grafik hubungan *input impedance* pipa berundak 3 dengan frekuensi menurut teori.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.6. Grafik *input impedance* pipa berundak 4 dengan rentang frekuensi 1 sampai 16000 Hz**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7. Grafik IIR atau reflektansi pada frekuensi 1 sampai 16000 Hz **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.8. Grafik *input impedance* pipa berundak 4 dengan rentang frekuensi 800 sampai 16000 Hz**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.9. Grafik IIR atau reflektansi pada frekuensi 800 sampai 16000 Hz**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.10. Grafik prediksi jari-jari segmen 0 pada rentang frekuensi 1 sampai 16000 Hz**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.11. Grafik prediksi jari-jari segmen 1 pada rentang frekuensi 1 sampai 16000 Hz**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.12. Grafik prediksi jari-jari segmen 2 pada rentang frekuensi 1 sampai 16000 Hz**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.13. Grafik prediksi jari-jari segmen 3 pada rentang frekuensi 1 sampai 16000 Hz**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.14. Grafik prediksi jari-jari segmen 0 pada rentang frekuensi 800 sampai 16000 Hz**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.15. Grafik prediksi jari-jari segmen 1 pada rentang frekuensi 800 sampai 16000 Hz**Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 4.16. Grafik prediksi jari-jari segmen 2 pada rentang frekuensi 800 sampai 16000 Hz**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.17. Grafik prediksi jari-jari segmen 3 pada rentang frekuensi 800 sampai 16000 Hz**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR SIMBOL

		Satuan
p_q	= Tekanan pada segmen q	N/m^2
ω	= Frekuensi Anguler	Radian
π	= Phi	
f	= frekuensi	Hertz
k	= Konstanta gelombang	
c	= Kecepatan gelombang bunyi	m/s
v	= Kecepatan gerak partikel udara	m/s
ρ	= Kerapatan udara	kg/m^3
p	= Tekanan dalam pipa	N/m^2
i	= Bilangan imajiner	
t	= Waktu	Sekon
A_q	= Amplitudo gelombang merambat kekanan	N/m^2
B_q	= Amplitudo gelombang merambat kekiri	N/m^2
p^+	= Tekanan gelombang merambat kekanan	N/m^2
p^-	= Tekanan gelombang merambat kekiri	N/m^2
v^+	= Kecepatan gerak partikel yang merambat kekanan	m/s
v^-	= Kecepatan gerak partikel yang merambat kekiri	m/s
z	= Impedansi akustik khusus	Ns/m^3 (<i>mks rayls</i>)
ω_c	= Frekuensi <i>cut-off</i>	Radian
f_c	= Frekuensi <i>cut-off</i>	Hertz
p_0^+	= Tekanan gelombang merambat kekanan pada segmen 0	N/m^2
p_1^+	= Tekanan gelombang merambat kekanan pada segmen 1	N/m^2
p_0^-	= Tekanan gelombang merambat kekiri pada segmen 0	N/m^2
G_0	= Luas penampang segmen 0	m^2
G_1	= Luas penampang segmen 1	m^2
Z_{cj}	= Impedansi karakteristik pipa segmen j	Ns/m^5 (ohm)
G_j	= Luas penampang segmen j	m^2
Z_{c0}	= Impedansi karakteristik pipa segmen 0	Ns/m^5 (ohm)
Z_{c1}	= Impedansi karakteristik pipa segmen 1	Ns/m^5 (ohm)
$r_{0,1}$	= Koefisien reflektansi pada perbatasan segemen 0 dan 1	
$t_{0,1}$	= Koefisien transmitansi pada perbatasan segemen 0 dan 1	
$p_{j,r}^+$	= Tekanan gelombang merambat kekanan di bagian kanan segmen j	N/m^2

$p_{j+1,l}^+$	=	Tekanan gelombang merambat ke kanan di bagian kiri segmen $j + 1$	N/m^2
$p_{j+1,r}^+$	=	Tekanan gelombang merambat ke kanan di bagian kanan segmen $j + 1$	N/m^2
$p_{j,r}^-$	=	Tekanan gelombang merambat ke kiri di bagian kanan segmen j	N/m^2
$p_{j+1,l}^-$	=	Tekanan gelombang merambat ke kiri di bagian kiri segmen $j + 1$	N/m^2
$p_{j+1,r}^-$	=	Tekanan gelombang merambat ke kiri di bagian kanan segmen $j + 1$	N/m^2
n	=	Bilangan bulat	
$Z_{c(j+1)}$	=	Impedansi karakteristik pipa segmen $j + 1$	Ns/m^5 (ohm)
G_{j+1}	=	Luas penampang segmen $j + 1$	m^2
L	=	Panjang segmen	m
$\alpha(\omega)$	=	Frekuensi atenuasi	
v_p	=	Kecepatan fase	m/s
m	=	<i>slope</i>	
r_v	=	Perbandingan jarak perbatasan pipa menuju kelapisan viskositas	
η	=	Koefisien viskositas udara	$g/cm\ s$
C_p	=	Kapasitas panas udara	J/kgK
K	=	Konduktifitas panas udara	J/s
γ	=	Perbandingan panas spesifik diudara	
T	=	Suhu udara	$^{\circ}C$ atau K
τ	=	Bilangan kompleks untuk faktor <i>loss</i>	
A, B, C, D	=	Konstanta termodinamika	
M_j	=	Matriks untuk segmen j	
$r_{j,j+1}$	=	Koefisien reflektansi pada perbatasan pipa segmen j dan $j + 1$	
M_{aa}	=	Komponen matriks baris a kolom a	
M_{ab}	=	Komponen matriks baris a kolom b	
M_{ba}	=	Komponen matriks baris b kolom a	
M_{bb}	=	Komponen matriks baris b kolom b	
Z_L	=	Impedansi Beban	Ns/m^5 (ohm)
IIR	=	<i>Input impuls respon</i> atau reflektansi	
$Z_{0,r}$	=	Impedansi di bagian kanan segmen 0	Ns/m^5 (ohm)
$U_{0,r}$	=	Kecepatan volume di bagian kanan segmen 0	m^3/s
Z_{in}	=	Impedansi masukan	Ns/m^5 (ohm)
\underline{k}	=	Bilangan gelombang imajiner	
R_0	=	Jari-jari pipa segmen 0	m
R_1	=	Jari-jari pipa segmen 1	m
R_2	=	Jari-jari pipa segmen 2	m
l_0	=	Panjang pipa segmen 0	m

l_1	= Panjang pipa segmen 1	m
l_2	= Panjang pipa segmen 2	m
U	= Kecepatan volume	m^3/s
δ	= Pergeseran nilai tekanan yang sangat kecil	
R_k	= Konstanta gas	$J/kg K$
M	= Massa molekul gas	kg

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Penjabaran Rumus <i>Input Impuls Respon</i> (IIR).....	42
Lampiran 2. Penjabaran Rumus <i>Input Impedance</i> dan Satuan.....	50
Lampiran 3. Listing Program Simulasi <i>Input Impedance</i> dan Prediksi Jari-Jari Pipa Berundak 3.....	52
Lampiran 4. Listing Program Simulasi <i>Input Impedance</i> dan Prediksi Jari-Jari Pipa Berundak 4.....	57

