

## PEMANFAAT FREKUENSI BUNYI MATERIAL SEBAGAI DASAR PENGUJIAN MODULUS ELASTISITAS PADA PENGUJIAN TANPA MERUSAK (NON DESTRUCTIVE TEST)

M. Fahrur Rozy H.<sup>1</sup>, Abdul Hadi Djaelani<sup>2</sup>, Moch. Agus Choiron<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

<sup>2</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang

Email: [fahrur.rozy.hentihu@gmail.com](mailto:fahrur.rozy.hentihu@gmail.com)

### ABSTRACT

Elastic modulus of material are usually obtained from tensile test. Tensile test categorized as destructive test. One of destructive test weakness is the testing specimen can not be reused. So we need alternative on elastic modulus test without damaging the specimen (non destructive test). This research aims to determine whether the sound frequency of material can be used as a basic for elastic modulus test as a non destructive test. On this research, two different test performed on the same specimen. First test is testing elastic modulus using sound frequency test (non destructive test) and second test is testing elastic modulus using tensile test (destructive test). Percentage error obtained from comparing percent error between those two tests. The results showed, in testing the elastic modulus of brass specimen has an error percentage of 10.33%, in testing the elastic modulus of aluminium specimen has an error percentage of 4.39%, and in testing the elastic modulus of steel specimen has an error percentage of 1.89%.

**Keywords:** Elastic modulus, Non destructive test, Sound frequency

### PENDAHULUAN

Modulus elastis atau modulus Young dinyatakan sebagai perbandingan antara tegangan dan regangan dalam batas elastis. Modulus elastis merupakan karakteristik suatu logam tertentu, karena setiap logam mempunyai modulus elastis yang berbeda. Makin besar modulus elastis makin kecil regangan elastik yang dihasilkan akibat pemberian tegangan. Makin besar gaya tarik menarik antara atom logam makin tinggi pula modulus elastisnya. Gaya-gaya ini tidak dapat berubah tanpa terjadi perubahan yang mendasar sifat bahannya.

Modulus elastis suatu material biasanya didapat dari proses uji tarik. Uji tarik sendiri dikategorikan sebagai pengujian merusak (*destructive test*). Kelemahan pengujian yang merusak adalah spesimen pengujian tidak dapat digunakan kembali karena telah mengalami kerusakan pada saat proses pengujian.

Pengujian tanpa merusak (*non destructive test*) untuk mendapatkan modulus elastis material dapat dilakukan dengan cara mengukur frekuensi getaran dari suatu benda padat. Penghitungan modulus elastis menggunakan persamaan yang digunakan pada penelitan yang dilakukan oleh McIntyre and Woodhouse [1], yaitu suatu metode untuk mengestimasi modulus elastis (E), poisson rasion ( $\nu$ ) dan modulus geser (G) suatu material.

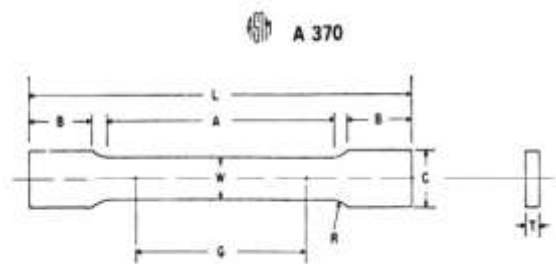
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa besar prosentase kesalahan pada pengujian modulus elastis menggunakan frekuensi bunyi dibandingkan dengan menggunakan uji tarik.

### METODOLOGI PENELITIAN

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian modulus elastis menggunakan uji tarik

dan uji frekuensi bunyi. Untuk pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Universitas Brawijaya Malang. Sedangkan untuk pengujian frekuensi bunyi dilakukan di GZZ Musik Studio Malang.

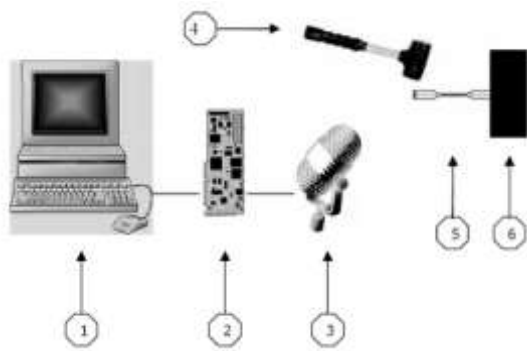
Pembuatan spesimen pengujian dilakukan di Laboratorium Produksi Universitas Brawijawa Malang. Seluruh ukuran spesimen menggunakan standar ASTM [2]. ASTM A 370 untuk spesimen baja, ASTM B 557 untuk spesimen tembaga, dan ASTM E 8 untuk spesimen aluminium.



Gambar 1. Spesimen Uji Tarik Baja ASTM A 370  
Sumber : ASTM Handbook

Dalam penelitian, dilakukan 2 pengujian tambahan untuk mengetahui pengaruh perbedaan tumpuan dan perbedaan pemukul terhadap frekuensi bunyi yang digunakan sebagai dasar pengujian modulus elastis.

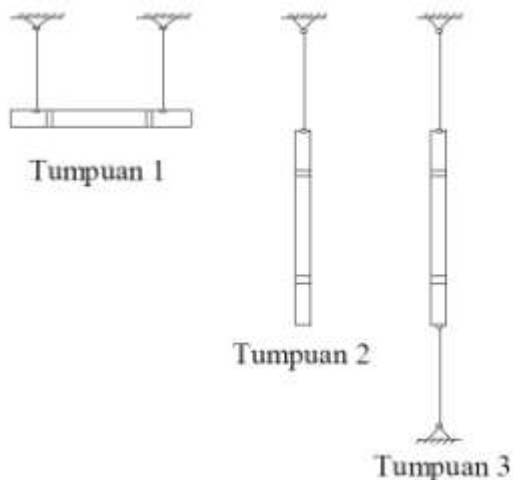
Secara keseluruhan, instalasi penelitian dalam pengujian frekuensi bunyi seperti Gambar 2.



Gambar 2. Instalasi pengujian frekuensi bunyi  
Keterangan :

1. 1 Unit Komputer
2. ADC Soundcard
3. Microphone
4. Pemukul
5. Spesimen
6. Dudukan specimen

Bunyi yang dihasilkan oleh spesimen ditangkap oleh *microphone* kemudian di konversikan menjadi data digital oleh ADC Soundcard dan data disimpan ke dalam komputer. Untuk perbedaan tumpuan, instalasinya seperti Gambar 3.



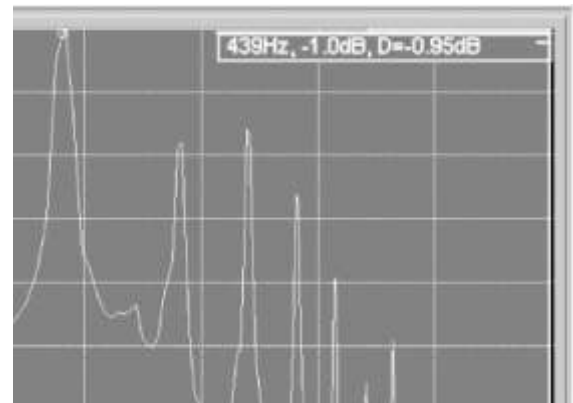
Gambar 3. Instalasi 3 tumpuan yang berbeda

Sedangkan perbedaan pada pemukul terdapat pada bahan dari pemukul. Bahan pemukul terbuat dari kayu, plastik dan bahan spesimen itu sendiri. Sebelum penelitian dilakukan terlebih dahulu dilakukan proses kalibrasi terhadap alat ukur frekuensi. Proses kalibrasi dilakukan dengan membandingkan frekuensi yang ditangkap oleh alat ukur frekuensi dengan frekuensi yang dihasilkan oleh nada *keyboard*. Hasil pengukuran frekuensi bunyi dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 1. Frekuensi hasil pengukuran

Nada	Frekuensi (Hz)	Frekuensi terukur (Hz)					Rata-rata
		Pengujian ke					
		1	2	3	4	5	
A5	880	879	879	879	879	879	879
A4	440	439	439	439	439	439	439

Dengan melihat Tabel 1 dapat kita simpulkan bahwa hasil pengukuran frekuensi memiliki perbedaan 1 Hz dibandingkan dengan frekuensi keyboard. Sehingga untuk pengujian-pengujian berikutnya, frekuensi hasil pengukuran ditambah 1 Hz.



Gambar 4. Hasil pengukuran frekuensi bunyi proses kalibrasi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penghitungan Massa Jenis Spesimen

Proses penghitungan massa jenis spesimen dilakukan dengan mengukur massa dan volume dari spesimen terlebih dahulu. Pengukuran massa spesimen dilakukan dengan menggunakan timbangan digital dan pengukuran volume spesimen menggunakan *software* AutoCad. Massa jenis spesimen didapat dari pembagian massa dengan volume spesimen. Hasil penghitungan massa jenis spesimen terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Massa jenis spesimen

Bahan	Massa (gram)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa Jenis (kgram/m <sup>3</sup> )
Baja	50,62	6,47	7823,8
Aluminium	27,07	9,68	2796,49
Kuningan	96,96	12,89	7522,11

Proses selanjutnya adalah pengujian frekuensi bunyi pada tumpuan yang berbeda. Hasil pengukuran frekuensi bunyi pada 3 tumpuan yang berbeda tersebut tertulis pada Tabel 3.

Tabel 3. Frekuensi bunyi pada tumpuan berbeda

Bahan	Frekuensi (Hz)		
	Tumpuan 1	Tumpuan 2	Tumpuan 3
Baja	281	281	281
Aluminium	342	342	342
Kuningan	119	119	119

Hasil pengukuran frekuensi bunyi pada 3 pemukul yang berbeda ternyata tidak ada perbedaan pada frekuensi bunyi yang dihasilkan. Hasil pengukuran sama persis dengan pengukuran frekuensi bunyi pada 3 tumpuan yang berbeda. Hasil pengukuran tersebut tertulis pada tabel 4.

Tabel 4. Frekuensi bunyi dengan pemukul berbeda

Bahan	Frekuensi (Hz)		
	Pemukul 1	Pemukul 2	Pemukul 3
Baja	281	281	281
Aluminium	342	342	342
Kuningan	119	119	119

Dua pengujian diatas menunjukkan bahwa perbedaan tumpuan dan perbedaan pemukul tidak menyebabkan perubahan pada frekuensi bunyi yang dihasilkan oleh spesimen. Tidak adanya perbedaan frekuensi bunyi pada perbedaan tumpuan disebabkan oleh redaman yang terjadi sangat kecil sehingga getaran spesimen hampir tak teredam sama sekali. Redaman yang sangat kecil disebabkan oleh sistem tumpuan yang menggunakan sistem gantung. Sistem gantung membuat spesimen dapat bergerak bebas, sehingga faktor redaman nya sangat kecil. Pada sistem Pada instalasi ke dua seharusnya memiliki redaman paling kecil. Akan tetapi karena redaman yang terjadi sangat kecil sekali sehingga tidak ada perbedaan frekuensi bunyi yang dihasilkan baik pada tumpuan 1, 3 dan tumpuan 2. Pada pemukul dengan bahan yang berbeda, juga tidak terdapat perbedaan pada frekuensi yang diukur. Bunyi hasil tumbukan dari pemukul dengan spesimen, ternyata kalah dominan dibandingkan dengan bunyi spesimen hasil pemukulan. Sehingga alat pengukuran hanya menangkap frekuensi bunyi spesimen yang lebih dominan dibandingkan bunyi hasil tumbukan pemukul dan spesimen.

Pengujian berikutnya adalah pengujian frekuensi bunyi untuk pengujian modulus elastis. Penghitungan modulus elastis menggunakan persamaan McIntyre and Woodhouse[2]:

$$\nu = 1.48 \left[ \frac{f_o^2 - f_n^2}{f_o^2 + f_n^2} \right]$$

$$E = 0.46(1 - \nu^2) (f_o^2 + f_n^2) \rho \frac{l^4}{h^2}$$

Keterangan:

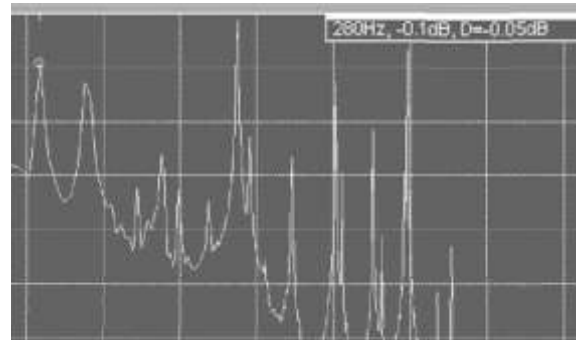
- $\nu$  = bilangan poisson
- $f_o$  = frekuensi ring vibrational mode (Hz)
- $f_n$  = frekuensi natural / frekuensi bunyi (Hz)
- E = modulus elastis (Pa)
- $\rho$  = massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )
- $l$  = panjang spesimen (m)
- $h$  = tebal spesimen (m)

Dari persamaan di atas, bilangan poisson ( $\nu$ ) didapat dari tabel, frekuensi ring vibrational mode ( $f_o$ ) didapat dari perhitungan, frekuensi natural / frekuensi bunyi ( $f_n$ ) didapat dari pengujian, E dari perhitungan, massa jenis ( $\rho$ ) dari perhitungan,  $l$  dan  $h$  dari pengukuran.

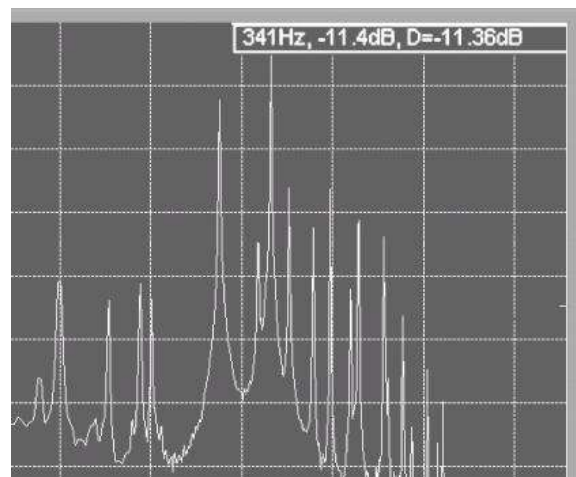
Gambar pengukuran frekuensi bunyi dari baja, aluminium dan kuningan terlihat pada Gambar 5, 6 dan 7. Hasil penghitungan modulus elastis spesimen dengan tumpuan yang berbeda dituliskan pada tabel 5.

Tabel 5. Modulus elastis (uji frekuensi dengan tumpuan berbeda

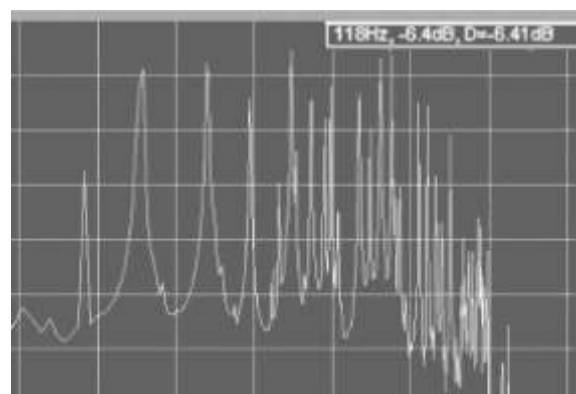
Bahan	Tumpuan	$\rho$	$l$	$h$	$\nu$	$f$	E
Baja	1	7823,8	183	2	0.27	281	190,08
	2	7823,8	183	2	0.27	281	190,08
	3	7823,8	183	2	0.27	281	190,08
Aluminium	1	2796,49	201	3	0.33	342	71,77
	2	2796,49	201	3	0.33	342	71,77
	3	2796,49	201	3	0.33	342	71,77
Kuningan	1	7522,11	203	2	0.33	119	90,36
	2	7522,11	203	2	0.33	119	90,36
	3	7522,11	203	2	0.33	119	90,36



Gambar 5. Hasil pengukuran frekuensi bunyi spesimen baja



Gambar 6. Hasil pengukuran frekuensi bunyi spesimen aluminium



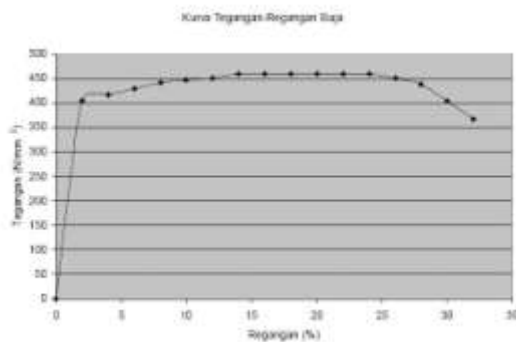
Gambar 7. Hasil pengukuran frekuensi bunyi spesimen kuningan

Setelah spesiman di uji frekuensi bunyi (*non destructive test*) dan kemudian dihitung modulus elastis, pada spesimen tersebut dilakukan uji tarik untuk mendapatkan nilai modulus elastis dari uji tarik (*destructive test*). Hasil uji tarik baja dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Uji Tarik Spesimen Baja

No	$\Delta F$ (kN)	$\Delta L$ (mm)	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon$ (%)
1	0	0	0.00	0.00
2	9.7	1	404.17	2.00
3	10	2	416.67	4.00
4	10.3	3	429.17	6.00
5	10.6	4	441.67	8.00
6	10.7	5	445.83	10.00
7	10.8	6	450.00	12.00
8	11	7	458.33	14.00
9	11	8	458.33	16.00
10	11	9	458.33	18.00
11	11	10	458.33	20.00
12	11	11	458.33	22.00
13	11	12	458.33	24.00
14	10.8	13	450.00	26.00
15	10.5	14	437.50	28.00
16	9.7	15	404.17	30.00
17	8.8	16	366.67	32.00

Dari Tabel 6 dapat dibuat kurva tegangan-regangan seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva tegangan-regangan spesimen baja

Pada pengujian juga didapatkan tegangan *yield*  $\sigma_y$  sebesar 387,5 kN/mm<sup>2</sup>, sehingga modulus elastis spesimen baja dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$E = \frac{\sigma_y}{\epsilon_y} \times 100\%$$

Keterangan:

E = modulus elastis (Pa)

$\sigma_y$  = tegangan *yield* kN/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_y$  = regangan *yield* (%)

Dari persamaan tersebut, didapatkan modulus elastis spesimen baja sebesar 193,75 G Pa. Dengan pengujian yang sama, modulus elastis spesiman aluminium sebesar 72,22 G Pa dan modulus elastis spesimen kuningan sebesar 108,335 G Pa.

Dari pengujian modulus elastis menggunakan uji frekuensi bunyi dan uji tarik, dapat kita lihat besarnya prosentase kesalahan pada pengujian tersebut. Prosentase kesalahan yang terjadi dapat kita lihat pada Tabel 7

Tabel 7. Tingkat kesalahan pengujian modulus elastis

Bahan	Modulus Elastis (G Pa)			Prosentase Kesalahan (%)
	Uji Frekuensi	Uji Tarik	Selisih	
Baja	190,08	193,75	3,67	1,89
Aluminium	69,05	72,22	3,17	4,39
Kuningan	97,14	108,335	11,195	10,33

Pada Tabel 7 dapat kita lihat bahwa pengujian modulus elastis menggunakan uji frekuensi bunyi memiliki prosentase kesalahan yang bervariasi. Pada pengujian modulus elastis kuningan memiliki prosentase kesalahan hingga 10,33%, tetapi pada pengujian modulus elastis baja memiliki prosentase kesalahan hanya 1,89%. Prosentase kesalahan yang terjadi pada pengujian pengujian modulus elastis (uji frekuensi bunyi) disebabkan oleh asumsi pada persamaan yang dipakai pada pengujian tersebut. Spesimen yang dipakai diasumsikan homogen. Tingkat akurasi alat ukur juga dapat menyebabkan tingginya prosentase kesalahan. Alat ukur frekuensi tidak dapat menunjukkan hasil dengan angka dibelakan koma.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengujian modulus elastis menggunakan uji tarik dan uji frekuensi bunyi, dapat disimpulkan bahwa frekuensi bunyi dapat digunakan sebagai dasar untuk pengujian modulus elastisitas pada pengujian tanpa merusak (*non destructive test*). Penggunaan variasi tumpuan dan pemukul tidak mempengaruhi hasil uji frekuensi bunyi.

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain adalah dengan menggunakan alat ukur frekuensi yang lebih akurat dengan harapan dapat mendapatkan hasil yang lebih baik. Juga dapat dilakukan dengan menggunakan tumpuan yang berbeda dan ukuran spesimen yang bervariasi untuk mendapatkan hasil yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]ASTM Handbook Comitee. 1982. *1982 Annual Book of ASTM Standarts Part 9*. Philadelphia American Society for Testing Material
- [2]McIntyre, M.E., Woodhouse, J., 1988. *On measuring the elastic and damping constants of orthotropic sheet materials*. Acta Metall. Vol 36, No 6. Great Britain.