

**ANALISIS MODULUS ELASTISITAS BETON DENGAN  
MENGUNAKAN ALAT PUNDIT PL-200**

**NASKAH PUBLIKASI  
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**FATIMAH AZZAHRA FITRI  
NIM. 145060101111060**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018**

# ANALISIS MODULUS ELASTISITAS BETON MENGGUNAKAN ALAT PUNDIT PL-200

*(Analysis Elastic Modulus of Concrete Using PUNDIT PL-200)*

Fatimah Azzahra Fitri, Eva Arifi, Roland Martin S  
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jalan Mayjen Haryono 167 Malang 65145 – Telp (0341) 567886  
Email : [fatimahazzahrafitri@gmail.com](mailto:fatimahazzahrafitri@gmail.com)

## ABSTRAK

Berbagai penelitian dan percobaan modulus elastisitas dibidang beton dilakukan sebagai upaya untuk menjawab tuntutan pemakaian beton yang semakin tinggi serta mengetahui kondisi terkini dan kualitas material pada pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Dalam pengujian modulus elastisitas beton ini, ada dua macam pengujian yaitu *non-destructive test* dan *destructive test*. *Non-Destructive Test (NDT)* merupakan metode pengujian beton yang tidak merusak sampel, dengan menggunakan *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)*. Metode ini membutuhkan penggunaan alat yang akan membantu mendapatkan hasil modulus elastisitas beton langsung di lapangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana hubungan hasil modulus elastisitas di laboratorium dengan menggunakan alat *compression strength machine* dan pengujian yang bersifat tidak merusak (*Non-Destructive Test*) dengan menggunakan alat PUNDIT PL-200. Sampel yang digunakan adalah berbentuk silinder berdiameter 15cm dan tinggi 30cm dan mutu beton yang direncanakan 20 MPa, 25 MPa, 30 MPa, dan 35 MPa. Jumlah sampel sebanyak 36 sampel terdiri 9 sampel berbentuk silinder setiap mutu beton yang direncanakan. Sampel diuji pada umur 28 hari, dengan terlebih dahulu dilakukan perawatan sebelum pengujian. Dari penelitian diperoleh bahwa modulus elastisitas beton yang tertinggi pada kuat tekan beton 20,36 MPa dan modulus elastisitas yang terendah terdapat pada kuat tekan 16,97 MPa. Dan dari hasil pengujian modulus elastis beton menggunakan alat *compression strength machine (extensometer)* hasil regresi *extensometer* dan metode ASTM C-469 saling sejajar sedangkan hasil pengujian modulus elastisitas beton menggunakan alat PUNDIT PL-200 digambarkan modulus elastis relatif pada angka 3000 MPa. Hubungan antara alat *compression strength machine* dan alat PUNDIT PL-200 kecenderungan linier dan  $r$  yang mendekati nol menandakan hubungan antar variabel yang lemah atau bahkan tidak terdapat hubungan sama sekali. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan modulus elastisitas yang dihasilkan alat *compression strength machine* dan modulus elastisitas alat PUNDIT PL-200 tersebut tidak menunjukkan hubungan yang signifikan.

Kata kunci : Modulus Elastisitas, UPV, PUNDIT PL-200

## ABSTRACT

*Various studies and experiment in modulus of elasticity of concrete has done as the effort to answers the requirement of concrete higher usage also knowing the up to date condition and materials quality on implementation of work in the field. In this modulus of elasticity of concrete's testing, there are two kind of testing, non-destructive test and destructive test. Non-destructive test (ndt) is a concrete testing method that does not damage the sample using the ultrasonic pulse velocity (upv). This method requires the use of tools that will help get the result of modulus of elasticity of concrete in the field. The purpose of this study is to know how far the relation of modulus of elasticity in laboratories using compression strength machine tools and non-destructive testing using PUNDIT PL-200 tools. The sample is cylinder in shape; the diameter is 15 cm and height 30 cm. The planned of quality of the concrete is 20 MPa, 25 MPa, 30 MPa and 35 MPa. The number of samples is 36 samples consist of 9-cylinder sample. The sample is tested at 28 days old with upkeep first before tested. From the study obtained that the highest modulus of elasticity of concrete on compressive strength of concrete 20.36 MPa and the lowest is 16.97 MPa. And from the result from the compression strength machine (extensometer) and astm C469-02 method is parallel, while the result of study using pundit pl-200 described that modulus of elasticity is relative at 3000 MPa. The relation between compression strength machine tools and PUNDIT PL-200 tools is tend to linier and  $r$  close to zero mean that the relation of variable is weak or even there is no relation at all. This shows that there is no relation between the results of modulus of elasticity using compression strength machine tools and PUNDIT PL-200.*

Keyword : *modulus of elasticity, UPV, PUNDIT PL-200*

## PENDAHULUAN

Perkembangan konstruksi di Indonesia secara umum, tidak lepas dari penggunaan beton karena banyak keuntungan yang di berikan. Beton juga digunakan sebagai pembentuk struktur utama pada konstruksi. Selain kekuatan, dalam perencanaan suatu konstruksi beton membutuhkan pengujian yang terencana. Salah satu parameter pengujian beton yang penting adalah modulus elastisitas. Modulus elastisitas merupakan suatu tolak ukur umum yang di gunakan untuk pengukuran sifat - sifat *elastic* suatu bahan. Sifat bahan beton adalah non linear atau elasto-plastik, dimana akibat dari suatu pembebanan yang sangat kecil sekalipun, disamping memperlihatkan kemampuan *elastic* bahan beton juga menunjukkan deformasi permanen. Hal ini penting untuk mengetahui kondisi terkini dari kualitas material pada bangunan eksisting.

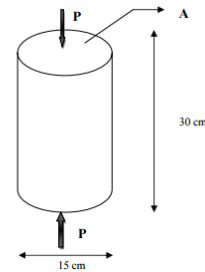
Dalam pengujian modulus elastisitas beton ini, ada dua macam pengujian yaitu *non-destructive test* dan *destructive test*. *Destructive test* dapat dilakukan di laboratorium, namun memerlukan sampel uji yang harus disiapkan dan dibawa kelabotarioium untuk di uji. Setelah pengujian, sampel uji tidak dapat di gunakan lagi karena pengujian bersifat merusak. Oleh karena itu *Non-Destructive Test (NDT)* menjadi salah satu alternative metode pengujian beton agar tidak merusak sampel.

Salah satu metode pengujian *Non-Destructive Test (NDT)* adalah menggunakan kecepatan pulsa ultrasonic atau *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)*. Dengan cara tersebut, nantinya akan didapatkan nilai modulus elastisitas pada beton. Berdasarkan uraian diatas maka penulis ingin mengetahui hubungan antara pengujian modulus elastisitas yang dihasilkan alat *compression strength machine* di laboratorium dan pengujian dengan alat PUNDIT PL-200 yang

bersifat tidak merusak sampel atau *Non-Destructive Test (NDT)*

## TINJAUAN PUSTAKA

### Tegangan Beton



**Gambar 1.** Tegangan tekan (*compressive stress*) pada beton silinder

Dengan mengasumsikan bahwa tegangan terbagi rata di seluruh penampang, Dengan demikian didapatkan rumus:

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ (MPa)} \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

$\sigma$  = Tegangan (N/mm<sup>2</sup>)

P = beban secara aksial (N)

A = luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

### Regangan Beton

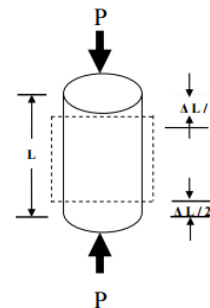
$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots \dots \dots (2)$$

dimana:

$\epsilon$  = regangan/ strain ( $\mu\text{m/m}$  atau  $\mu\epsilon$ )

L = panjang benda mula-mula (m)

$\Delta L$  = perubahan panjang benda ( $\mu\text{m}$ )



**Gambar 2.** Regangan (*strain*)

Regangan ( $\epsilon$ ) disebut regangan normal karena regangan ini berkaitan dengan tegangan normal (Gere, Timoshenko, 1997).

**Modulus Elastisitas Statis**

Rumus ASTM C 469-02 sebagai berikut:

$$E_c = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \dots\dots\dots(3)$$

dimana:

- $E_c$  = Modulus elastisitas beton ( $\text{kg/m}^3$ )
- $\sigma_2$  = Tegangan pada 40% teg. runtuh (kg)
- $\sigma_1$  = Tegangan pada saat nilai kurva regangan  $\epsilon_1$  ( $\text{m}^3$ )
- $\epsilon_2$  = Nilai kurva regangan yang terjadi pada saat  $\sigma_2$  ( $\text{m}^3$ )
- $\epsilon_1$  = Regangan sebesar 0.00005 ( $\text{m}^3$ )

Sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 untuk beton  $W_c$  diantara 1500 dan 2500  $\text{kg/m}^3$  rumus yang digunakan adalah:

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \times f'c^{0,5} \dots\dots\dots(4)$$

Sedangkan apabila  $W_c = \pm 2300 \text{ kg/m}^3$  maka:

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f'c} \dots\dots\dots(5)$$

dimana:

- $E_c$  = Modulus Elastisitas (MPa)
- $W_c$  = Berat isi beton ( $\text{kg/m}^3$ )
- $f'c$  = Kuat tekan beton berumur 28 hari (MPa)

**Modulus Elastisitas Dinamis**

Modulus elastisitas dinamis, yang berkorespondensi dengan regangan-regangan sesaat yang sangat kecil, biasanya diperoleh dari uji sonik. Nilainya biasanya lebih besar 20% - 40% daripada nilai modulus elastisitas statis dan kira-kirasama dengan modulus nilai awal. Modulus elastisitas dinamis ini biasanya dipakai pada analisa struktur dengan beban gempa atau tumbukan.

**Hubungan Gelombang P ( $V_p$ ) dan Gelombang S ( $V_s$ )**

Kecepatan gelombang P,

$$V_p = \left( \frac{B + \frac{3}{4}G}{\rho} \right)^{1/2} \dots\dots\dots(6)$$

Kecepatan gelombang S

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \dots\dots\dots(7)$$

dimana:

- $V_p$  = Kecepatan rambat gelombang P
- $V_s$  = Kecepatan rambat gelombang S
- $\rho$  = Rapat massa
- $B$  = Modulus Bulk

Dari kedua parameter kecepatan gelombang tersebut diatas diperoleh hubungan modulus elastisitas dan poisson ratio sebagai berikut (Cheng dan Johnston,1981; Luna dan Jadi 2000; Sutopo et al, 2009; Uyanik,2010):

$$G = \rho \times V_s^2 \dots\dots\dots(8)$$

$$\tau = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2(V_p/V_s)^2 - 2} \dots\dots\dots(9)$$

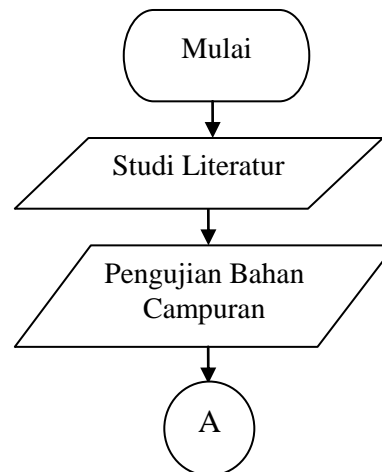
$$E = 2G \times (1 + \tau) \dots\dots\dots(10)$$

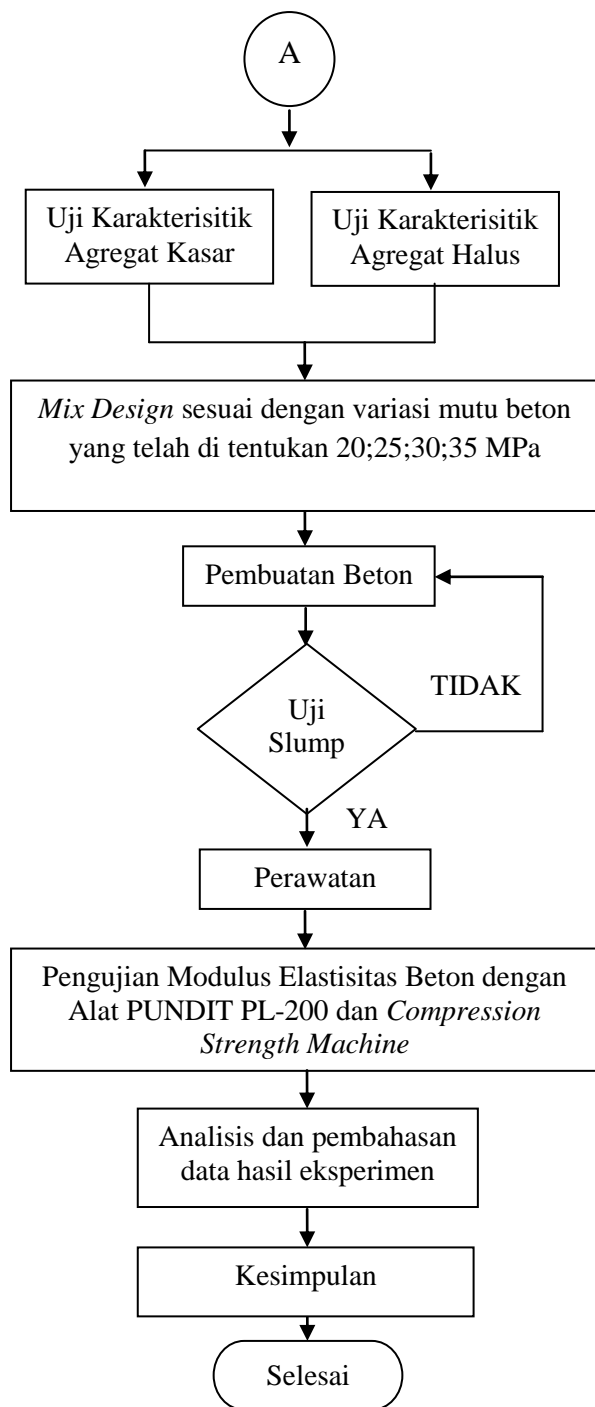
dimana:

- $G$  = Modulus geser
- $\tau$  = Ratio poisson
- $E$  = Modulus elastisitas

**METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium struktur Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Penelitian yang dilakukan adalah uji eksperimental. Benda uji yang digunakan adalah beton silinder dengan kuat tekan rencana 20 MPa, 25 MPa, 30 MPa dan 35 MPa. Adapun diagram alir penelitaian dapat dilihat pada Gambar 4





**Gambar 4** Bagan alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Berat Isi Beton

**Tabel 1.** Berat Isi Rata-Rata Beton

Jenis Benda Uji Beton silinder	Berat Beton Rata-rata (kg)	Berat Isi Beton Rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
20 MPa	12.883	2430.36
25 MPa	13.006	2453.42
30 MPa	13.233	2496.38
35 MPa	13.106	2472.28

Berdasarkan perhitungan Tabel di atas, berat isi beton dengan kuat tekan 30 MPa lebih tinggi dibandingkan beton dengan kuat tekan 35 MPa. Pada saat memasukan adonan ke dalam cetakan benda uji silinder terjadi kecalahan dalam pemadatan. Hal ni menjadi alasan mengapa menurunnya berat isi beton. Pada SNI 03-2834-2000 bahwa berat isi beton pada umumnya berkisar antara 2200 – 2500 kg/m<sup>3</sup>. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa berat isi benda uji pada penelitian ini telah memenuhi syarat yang ditetapkan.

### Uji Slump

**Tabel 2.** Nilai Uji Slum Beton Silinder

Jenis Benda Uji Beton silinder	Nilai Slump (cm)
20 MPa	10
25 MPa	12.5
30 MPa	13
35 MPa	14

Berdasarkan hasil uji *slump* pada Tabel di atas diperoleh nilai slump rata – rata sebesar 9.875 cm dengan nilai terkecil 10 cm dan nilai terbesar 14 cm. Nilai slump yang tidak konsisten dikarenakan pada saat pelaksanaan pengujian terjadi beberapa kesalahan yaitu kerucut diangkat dalam keadaan tidak tegak lurus dan terlalu lama. Selain itu, dalam beberapa kali pengecoran

terkadang mortar dibiarkan terlalu lama (lebih dari 3 menit).

### Uji Kuat Tekan

**Tabel 3.** Hasil Uji Kuat Tekan

Jenis Benda Uji Beton silinder	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
A	14.50
B	19.92
C	29.73
D	23.57

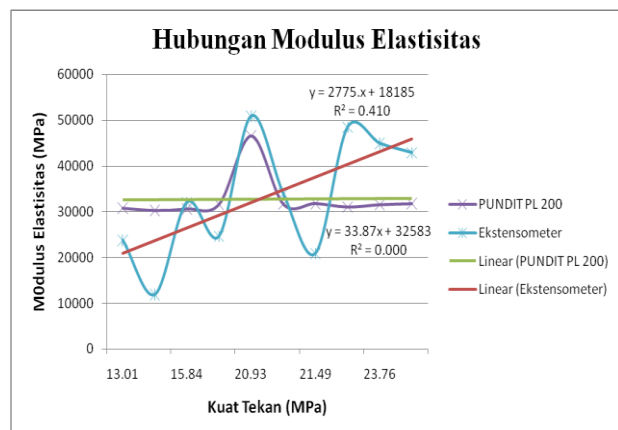
Pengujian kuat tekan pada beton silinder dilakukan bersamaan dengan uji modulus elastisitas beton menggunakan *Compression Strength Machine* dan alat ukur regangan dial (*extensometer*). Selain itu, kuat tekan pada beton juga berhubungan dengan modulus elastisitas beton, sehingga untuk mengeliminasi beberapa data yang tidak memberikan hasil yang baik diperlukan analisis lebih lanjut mengenai hubungan kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton.

### Uji Modulus Elastisitas

Berdasarkan perbandingan nilai modulus elastisitas untuk beberapa benda uji yang dihasilkan dengan menggunakan alat *compression strength machine* (*extensometer*) dan alat PUNDIT PL-200. Dalam hal ini, rumus *extensometer* lebih cocok digunakan untuk menghitung modulus elastisitas nilai tegangan dan regangan pada batas elastis dalam perhitungannya dibandingkan sedangkan alat PUNDIT PL-200 dipengaruhi kecepatan rambat gelombang dan jarak antar transduser yang memungkinkan ketidak sejajaran dalam menangkap gelombang.

**Tabel 4.** Hubungan Nilai Modulus Elastisitas *Compression Strength Machine* dengan alat PUNDIT PL-200

f'c	Ekstensometer	PUNDIT PL 200	Presentase Selisih
13.01	23757.58	30770	23%
14.71	16969.7	30270	61%
15.84	32053.87	30590	5%
20.93	29696.97	31640	22%
20.93	50909.09	46610	9%
21.49	33939.39	31670	7%
21.49	22626.26	31800	34%
21.49	48484.85	31040	56%
23.76	45252.53	31540	43%
37.33	43484.85	31760	35%
Rata – Rata Presentase Selisih			29%



**Gambar 5.** Grafik hubungan modulus elastisitas beton alat PUNDIT PL-200 dengan alat *compression strength machine*

Pada Gambar 5 dapat dilihat pada kuat tekan yang sama 20.93 MPa alat *compression strength machine* dan alat PUNDIT PL-200 menghasilkan modulus elastisitas tertinggi. Alat *compression strength machine* pada nilai kuat tekan 14.71 MPa, 21.49 MPa, 23.76 MPa, 37.33 MPa modulus elastisitasnya menurun. Pada kuat tekan yang sama alat PUNDIT PL-200 menghasilkan modulus elastisitas yang relatif pada angka 3000 MPa.

Menurut Anto Dajan (1983), koefisien korelasi (r) dapat dianggap sebagai

pengukuran yang berguna tentang hubungan antara  $x$  (variabel bebas) dan  $y$  (variabel terikat) bila kecenderungan titik-titik koordinat membentuk suatu garis linier. Bila kecenderungan sedemikian itu linier,  $r$  yang mendekati nol menandakan hubungan antar variabel yang lemah atau bahkan tidak terdapat hubungan sama sekali. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) menggambarkan persentase jumlah variasi yang betul-betul dapat dijelaskan oleh regresi liniernya. Hubungan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) rendah yaitu 0.41 atau 41% untuk alat *compression strength machine* dan 0 atau 0% untuk alat PUNDIT PL-200 ditunjukkan pada Gambar 4.7. Hal ini menunjukkan bahwa modulus elastisitas yang dihasilkan alat *compression strength machine* dan modulus elastisitas alat PUNDIT PL-200 tersebut tidak menunjukkan hubungan yang signifikan.

### Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Hasil uji modulus elastisitas terhadap beton dengan menggunakan alat PUNDIT PL 200 menunjukkan bahwa beton menghasilkan nilai modulus elastisitas yang relatif pada angka 3000 MPa pada kuat tekan yang berbeda. Pada pengujian modulus elastisitas menggunakan alat PUNDIT PL-200 berpengaruh pada ketidak sejajaran *tranduser* dikarenakan pengujian ini menggunakan kecepatan rambat gelombang, sehingga gelombang yang di terima oleh *tranduser* tidak terbaca dengan baik.
2. Hubungan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) rendah yaitu 0.425 atau 42.5% untuk alat *compression strength machine* dan 0 atau 0% untuk alat PUNDIT PL-200 ditunjukkan pada Gambar 4.7. Hal ini menunjukkan bahwa pada pengujian

ini modulus elastisitas yang dihasilkan alat *compression strength machine* dan modulus elastisitas yang dihasilkan alat PUNDIT PL-200 tersebut tidak menunjukkan hubungan yang signifikan

### Saran

Saran yang bisa digunakan untuk penelitian selanjutnya untuk memperbaiki kekurangan dari penelitian ini, antara lain adalah :

1. Mencari dan menganalisis metode yang benar ketika pengecoran, agar alat bekerja secara optimal saat dilakukan uji modulus elastisitas dan uji kuat tekan.
2. Mencari dan menganalisis metode yang benar pada penempatan *tranduser* yang sejajar pada benda uji yang akan di lakukan.
3. Pembatasan nilai kuat tekan beton, namun dengan jumlah sampel yang lebih banyak.
4. Perlu penelitian lebih lanjut dengan menambah jumlah sampel mengenai modulus elastisitas dengan menggunakan gelombang *ultrasonic*.

### DAFTAR PUSTAKA

- A.M. Neville (2003). *Properties of Concrete*. Pearson Education Limited, Inggris
- ASTM 1997 C 597-83, (1991). *Standard Test Method For Pulse Velocity Through Concrete*
- Dajan A. (1983). *Pengantar Metode Statistik Jilid I. LP3S*. Jakarta
- Gideon, K. (1993). *Pedoman Pengerjaan Beton*. Jakarta: Erlangga.

Halliday, D dan Robert Resnick, (1996).  
Fisika Jilid I. terjemahan Pantur  
Silaban. Jakarta: Erlangga

MacGregor, J.G. (1997). Reinforced  
Concrete : Mechanism and Design 3rd  
Ed. Prentice-Hall International, Inc

Mulyono, Tri, Ir., (2004). Teknologi Beton,  
Andi Publishing, Yogyakarta

Nawy E.G. Juli (2010). Beton Bertulang,  
Cetakan Keempat.

Standar Nasional Indonesia 03-1729. (2002).  
Tata Cara Perencanaan Struktur Baja  
Untuk Bangunan Gedung. Jakarta:  
Departemen Pekerjaan Umum.

Standar Nasional Indonesia 03-2847. (2002).  
Tata Cara Perencanaan Struktur Beton  
Untuk Bangunan Gedung. Jakarta:  
Departemen Pekerjaan Umum.

Sutopo; Ibrahim, E.; Kurniati, N. Lasmana,  
F. (2009) . Studi modulus elastisitas  
(modulus young) untuk karakterisasi  
berbagai jenis batubara berdasarkan  
analisis kecepatan gelombang. Jurnal  
Penelitian Sains, 12 (2B), 12203-1 -  
12203-5.

Tjokrodinuljo, Kardiyono, (1996).  
Teknologi Beton. Yogyakarta : Nafiri.