

# PENELITIAN UMUR DAN KUAT TEKAN PADA BETON BERBAHAN TAMBAH LATEKS

---

Jhonson Andar Harianja<sup>1)</sup>, Nazara, A.S<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta  
e-mail : harianja\_andar@yahoo.com

<sup>2)</sup>Alumni S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta  
e-mail : apalusnazara@yahoo.co.id

## ABSTRACT

*An attempt to reduce the brittle nature of concrete was carried out by adding latex in the concrete. It is hoped that the latex will contribute to enhancement in the ductility of the concrete, leading to a higher compressive strength. Another objective of this study was to investigate the curing time needed for the latex-enriched concrete.*

*A total of 75 concrete cubes of 15 cm x 15 cm x 15 cm in were prepared. Three cubes have the normal ingredient for concrete, 36 cubes of concrete mixed with 10% of latex in the production and another 36 cubes with 15% of latex. The compression tests followed the guidelines of SNI 03-1974-1990. Compression tests were carried out when the age of the concrete was 14, 19, 24, 34, 44, 49, 54, 64 and 69 days. The analysis of the compression test data was done with simple regression, exponential, and polynomial models.*

*To calculate the age of concrete made from selected models of regression latex added that the value of correlation coefficient best and curve match. The equation of a curve that is suitable for concrete made added latex 10% :  $\sigma' = -0,0178 t^2 + 2,987 t + 17,935$ . After didiferensialkan obtained from the latex concrete made age added 15% is 84 days. The result of testing, strong press concrete made added latex 10% at the age of 69 days, was 181,11 kg/cm<sup>2</sup> higher than strong press concrete normal at the age 28 days 176,52 kg/cm<sup>2</sup>. Strong press concrete made from the latex added 15% at the age of 69 days is 136,02 kg/cm<sup>2</sup>.*

*Keywords : concrete, age of concrete*

## I. PENDAHULUAN

Beton adalah bahan struktur bangunan yang telah banyak dipakai secara luas karena bahan ini memiliki kuat desak yang tinggi, tahan terhadap karat dan pembusukkan, tahan terhadap api, mudah diangkut dan dicetak dalam bentuk dan ukuran apapun. Tetapi disamping itu beton juga memiliki kelemahan seperti kekuatan tariknya rendah, menyusut pada saat pengeringan, dan getas. Kelemahan-kelemahan tersebut dapat diperbaiki dengan

banyak cara. Salah satunya adalah memberikan bahan tambah alami atau kimiawi tertentu yang dapat mengubah sifat beton. Salah satu bahan tambah yang dimungkinkan dapat mengubah sifat tersebut adalah pemberian lateks ke dalam campuran penyusun beton. Berapa banyak penambahan lateks dan berapa lamanya proses pengerasan beton jika bahan lateks ditambahkan menjadi hal yang menarik untuk diselidiki. Penyelidikan dilakukan untuk mengetahui persentase berat bahan tambah lateks yang menghasilkan mutu beton yang baik dan untuk mengetahui umur pengerasannya.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

### **2.1. Bahan tambah beton**

Bahan tambah adalah bahan lain selain agregat, semen dan air, sebagai tambahan dalam adukan beton untuk mengubah sifat-sifat beton sesuai dengan keinginan. Bahan tambah harus memberikan dampak yang lebih baik dari beton normal, misalnya mempercepat pengerasan, menambah kuat tekan, menambah kuat lentur beton (Tri Mulyono, 2005).

### **2.2. Penggunaan Lateks dalam bangunan teknik sipil**

Penggunaan Lateks dalam bangunan teknik sipil sebelumnya pernah dilakukan di beberapa negara antara lain Malaysia. Dalam jurnal artikel Universitas Kebangsaan Malaysia dijelaskan bahwa pencampuran sejumlah kecil lateks ke aspal dalam konstruksi permukaan jalan ditemukan mampu meningkatkan usia dan kekuatan. Dengan mencampur 6% lateks segar ke aspal menjadi konten yang optimal untuk meningkatkan umur aspal. Namun campuran ini terlalu kental dan mengurangi *workability* (kemudahan untuk dikerjakan). Dalam kasus tersebut, yang dibandingkan adalah karakteristik beton aspal yang menggunakan lateks 6% dari berat aspal dengan aspal alam yang menggunakan lateks 3%. Benda uji disiapkan untuk tiga jenis campuran aspal dan diuji dan dianalisis. Semua spesimen lulus tes stabilitas. Campuran aspal 3% lateks telah meningkatkan stabilitas dari 7,73 Kn menjadi 13,30 kN tetapi meningkatkan kadar aspal optimum dari 5,05% menjadi 5,14% jika dibandingkan dengan aspal alam.

Sebelumnya telah dijelaskan tentang bahan tambah yang digunakan dalam mengubah sifat asli beton. Lateks termasuk dalam bahan tambah jenis mineral (*addictive*) karena bukan dari bahan kimia melainkan langsung dari alam. Lateks juga dapat tergolong

dalam bahan tambah polimer karena lateks bersifat cair dan penggunaannya dilakukan saat pencampuran atau pengadukan beton.

Penggunaan berbagai jenis lateks sebagai bahan tambah pada mortar untuk aplikasi beton jalan raya, dengan lateks yang digunakan didalam penelitian terdiri dari empat taraf, yaitu 0, 2, 4 dan 6 % kadar karet kering didalam semen. Setelah jumlah karet kering yang dibutuhkan diketahui, maka diambil sejumlah lateks sedemikian hingga jumlah kadar karet kering yang digunakan sesuai dengan perhitungan. Lateks yang sudah disiapkan kemudian dicampurkan kedalam air sehingga terbentuk larutan lateks yang lebih encer. Untuk menjaga stabilitass lateks, maka digunakan surfaktan non ionik sebanyak satu persen terhadap jumlah lateks (Rae Hanif Abdilah, 2009)

Tabel 2.1. Unsur-unsur yang terkandung dalam lateks

No	Uraian	Lateks Pusingan (Centrifuged latex)	Lateks Dadih (Creamed Latex)
1	Juml;ah padatan (total solids)	61,5%	64,0%
2	Kadar kareng kering (KKK) minimum	60,0%	62,0%
3	Perbedaan angka butir I dan 2 maksimum	2,0%	2,0%
4	Kadar amonia (berdasar jumlah air yang terdapat dalam lateks pekat) minimum	1,6%	1,6%
5	Viskositas maksimum pada suhu 250 C	50 contipoises	50 contipoises
6	Endapan (sludge) dari berat basah maksimum	0,10%	0,10%
7	Kadar koagulum dari jumlah maksimum	0,08%	0,08%
8	Bilangan KOH (KOH number)	0.08	0,08
9	Kemantapan mekanis (mechanical stability)	475 detik	475detik
10	Persentase kadar tembaga dari padatan maksimum	0,001%	0,001%
11	Persentase kadar mangan dari padatan maksimum	0,001%	0,001%
12	Warna	Tidak biru Tidak kelabu	Tidak biru Berbau busuk
13	Bau setelah dinetralkan dengan borat	Tidak boleh Berbau busuk	Tidak boleh Berbau busuk

Sumber : Tim Penyusun PS, 2011

Hasil penelitian (Rae Hanif Abdilah, 2009) menunjukkan bahwa jenis lateks mempengaruhi bobot dan kuat lentur mortar dengan jenis mortar terbaik adalah lateks pekat pravulkanisasi semi-ebonit. Kadar karet kering didalam semen mempengaruhi bobot, kuat lentur, dan kuat tekan mortar. Semakin tinggi kadar karet kering didalam smen akan menghasilkan bobot, kuat lentur, dan kuat tekan mortar yang semakin rendah. Umur mortar mempengaruhi kuat lentur dan kuat tekan. Semakin lama umur mortar, maka kuat lentur dan kuat tekannya semakin besar.

### **2.3. Landasan Teori**

Beton merupakan bahan struktur bangunan yang banyak dipakai. Sifat beton yang getas dapat mempercepat keruntuhan jika digetarkan oleh gempa. Berdasarkan studi kepustakaan terhadap berbagai referensi yang diperoleh, lateks segar dapat dipakai sebagai bahan tambah beton yang kuat terhadap lentur. Adapun dasar pemiliha lateks dalam sebagai bahan tambah beton dalam penelitian ini adalah :

- a. Karena sifat lateks segar yang elastisitasnya baik.
- b. Di Indonesia bahhan lateks segar mudah diperoleh sebagai bahan tambah beton.

Lateks dalam penelitian ini berfungsi sebagai bahan tambah. Kadar lateks dalam penelitian ini diambil 10% dan 15% . penambahan lateks 10% dan 15% pada beton, diduga dapat meningkatkan tekan pada beton.

## **III. METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1. Metode Penelitian**

Sebelum pengumpulan data dalam penelitian, harus terlebih dahulu ditentukan objek atau elemen yang akan diteliti. Objek yang akan diteliti adalah beton berbahan tambah lateks segar dengan ukuran  $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}^3$  berbentuk kubus.

### **3.2. Pelaksanaan Penelitian**

Pelaksanaan ini dilaksanakan dilaboratorium teknik sipil UKRIM dan didinas PU, Perumahan dan ESDM Provinsi DIY. Pekerjaan yang dilaksanakan dilab UKRIM mencakup : pengujian agregat, pemeriksaan agregat, pembuatan cetakan, pembuatan beton dan perawatan beton. Pekerjaan yang dilaksanakan di dinas PU, Perumahan dan ESDM Provinsi DIY mencakup pengujian kuat desak beton.

### 3.3. Pengujian agregat

Pengujian agregat halus dan agregat kasar sesuai dengan spesifikasi bahan menurut ASTM dan PBI 1971. Tujuan pengujian adalah untuk kelayakan atau spesifikasi agregat berdasarkan ASTM dan PBI 1971.

### 3.4. Pemeriksaan agregat

Pemeriksaan agregat berdasarkan ASTM dan PBI 1971. Pemeriksaan agregat bertujuan untuk mengetahui daerah gradasi agregat, berat jenis agregat. Data pemeriksaan agregat ini dipakai dalam perencanaan adukan beton.

### 3.5. Perencanaan adukan beton (*Mix design*)

Adukan beton (*Mix design*) direncanakan berdasarkan metode Departemen Pekerjaan Umum (*The British Mix Design Method*) yang berpedoman pada SK SNI T-15-1990-30. Data perencanaan sebagai berikut :

- Kuat tekan beton yang diisyaratkan  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ .
- Jenis semen = biasa (semen gresik)
- Jenis kerikil = batu pecah (*split*)
- Ukuran maksimum kerikil = 20 mm
- Jenis pasir = agak kasar (daerah II).

Tabel 4.5 perhitungan perencanaan adukan beton

No	Uraian perencanaan	Hitungan atau peraturan berdasarkan tabel/grafik SNI	Hasil
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Kuat tekan beton yang disyaratkan	Ditetapkan	175 kg/cm <sup>2</sup>
2	Difiasi standar diambil	Ayat 3.3.1 Tabel 1	70 kg/cm <sup>2</sup>
3	Nilai tambahan diambil	(1,64 x 70)	114,8 kg/cm <sup>2</sup>
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	(175 + 114,8)	289,8 kg/cm <sup>2</sup>
5	Fas (Grafik)	Tabel 2 grafik 1 atau 2	0,53
6	Fas maksimum	Ayat 3.3.2	0,6
	Ket: Fas yang dipakai adalah fas maksimum, karena berdasarkan penujian terdahulu, beton berbahan tambah lateks segar banyak menyerap air.		
7	Nilai slump	Ditetapkan ayat 3.3.3	7,5-15 cm
8	Ukuran agregat maksimum		20cm

(1)	(2)	(3)	(4)
9	Kebutuhan air	Tabel 6, Ayat 3.3.2 (0,67 x 225) + (0,33 x 225)	225 kg
10	Semen minimum	Ditetapkan ayat 3.3.2	275 kg
11	Semen berdasarkan fas maksimum	Hasil nomor 9 : Hasil nomor 6	375 kg
12	Persentase pasir terhadap agregat keseluruhan	Grafik 10 s/d 12	47%
13	Berat jenis campuran agregat (kering permukaan)	(47% x 2,465) + (53% x 2,651)	2,564
15	Kadar agregat gabungan	{Hasil nomor 14 –(Hasil nomor 9 + Hasil nomor 375)}	1690 kg
16	Kadar agregat halus	0,47 x 1690	794,300 kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar agregat kasar	0,53 x 1690	895,700 kg/m <sup>3</sup>

Tabel 4.6 Perbandingan Proporsi campuran

No	Perbandingan	Semen (kg)	Air (kg)	Ag. Halus (kg)	Ag. Kasar (kg)	Berat total (kg)	Mutu beton
1	1 m <sup>3</sup> Beton (kg)	375	225	794,300	895,700	2290	K. 175
2	1 adukan	1	0,6	2,118	2,389	6,107	
Perhitungan banyak bahan yang diperlukan untuk setiap satu benda uji kubus beton. Volume satu benda kubus : 15 cm × 15 cm × 15 cm = 3375 cm <sup>3</sup> = 0,003375 m <sup>3</sup> .							

### 3.6. Metode Analisis Data

Data kuat tekan beton din analisis dengan metode statistik. Untuk mendapatkan persamaan yang sesuai berdasarkan nilai koefisien korelasi ( $R$ ) dan standar eror kuat tekan beton, maka metode statistik didekatkan dengan tiga model regresi yaitu: modal regresi linier sederhana, model eksponensial, polinomial.

#### 3.6.1. Model Regresi Linear Sederhan

Besarnya Koefisien korelasi, yang menunjukkan derajat hubungan antara variabel umur beton ( $t_i$ ) dan kuat tekan beton, ( $\sigma_i$ ) yang dapat di hitung dengan Persamaan (3.1) :

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})(\sigma_i - \bar{\sigma})}{\sqrt{\left\{ \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 \right\} \left\{ \sum_{i=1}^n (\sigma_i - \bar{\sigma})^2 \right\}}} \dots\dots\dots (3.1)$$

Persamaan garis lurus  $\sigma$  terhadap  $t$  merupakan persamaan untuk meramalkan  $\sigma$  jika  $t$  diketahui, berdasarkan persamaan (4.11) dapat dirumuskan menjadi :

$$\sigma = \sigma + R \left[ \frac{d\sigma}{dt} \right] (t_i - t) \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

Nilai koefisien korelasi tidak sama dengan +1 atau -1, sehingga perkiraan atau ramalan tentang nilai  $\sigma$  jika  $t$  diketahui atau sebaliknya akan dapat berbeda dengan nilai yang terukur. Besarnya kesalahan tersebut, dinyatakan sebagai kesalahan standar dari perkiraan (*Standard error of estimate*). Nilai yang dimaksud dapat digunakan untuk memperkirakan atau meramal  $\sigma$  jika nilai  $t$  sudah diketahui :

$$SE_{\sigma} = d\sigma(1 - R^2) \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

dengan  $\sigma$  = persamaan regresi linear  $\sigma$  terhadap  $t$ ,  $R$  = koefisien korelasi,  $D_t$  = deviasi standar residu  $t$ ,  $D\sigma$  = deviasi standar residu  $\sigma$ , dan  $SE_{\sigma}$  = kesalahan standar dari kesalahan nilai  $\sigma$ .

### 3.6.2. Model Regresi Eksponensial

Besarnya koefisien korelasi, yang menunjukkan derajat hubungan antara variabel umur beton ( $t_i$ ) dan kuat tekan beton ( $\sigma_i$ ), yang dapat dihitung dengan persamaan (4) yang identik dengan Persamaan (3.4).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})(\sigma_i - \bar{\sigma})}{\left[ \left\{ \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 \right\} \left\{ \sum_{i=1}^n (\sigma_i - \bar{\sigma})^2 \right\} \right]^{\frac{1}{2}}} \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

Umur ( $t_i$ ) dan data kuat tekan ( $\sigma_i$ ) beton berbahan tambah lateks merupakan dua variabel berpasangan, jika dihitung dengan model regresi eksponensial, modelnya adalah :

$$\sigma = b e^{at} \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

dengan  $\sigma$  = regresi eksponensial  $\sigma$  terhadap  $t$ , merupakan variabel tak bebas.  $t$  = variabel bebas.  $a, b$  = parameter, dan  $e$  = bilangan pokok logaritma asli atau logaritma Napier = 2,7183. Nilai koefisien korelasi tidak sama dengan +1 atau -1, sehingga perkiraan atau ramalan tentang nilai  $\sigma$  jika  $t$  di ketahui atau sebaliknya akan dapat berbeda dengan nilai yang terukur. Besarnya kesalahan tersebut, dinyatakan sebagai kesalahan standar dari

perkiraan (*standard error of estimate*). Nilai yang dimaksud dapat digunakan untuk memperkirakan atau meramal  $\sigma$  jika nilai  $t$  sudah diketahui adalah :

$$SE\sigma = d_{\sigma}(1 - R^2) \dots\dots\dots (3.6)$$

### 3.6.3. Metode Regransi Polinomial

Koefisien korelasi menunjukkan derajat hubungan antara variabel umur brton ( $\sigma_i$ ) yang dapat dihitung dengan Persamaan (3.4) dan identik dengan pesamaan (3.7) berikut.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})(\sigma_i - \bar{\sigma})}{\left[ \left\{ \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 \right\} \left\{ \sum_{i=1}^n (\sigma_i - \bar{\sigma})^2 \right\} \right]^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (3.7)$$

Analisis dalam tulisan ini hanya akan dibahas dengan regresi polinomial sampai orde ke 2, sehingga Persamaan (3.4). Umumnya disajikan sebagai persamaan berikut ini.

$$\sigma = a + bt + ct^2 \dots\dots\dots (3.8)$$

## IV. ANALISIS & PEMBAHASAN

### 4.1. Data Pengujian Kuat Desak Beton

Data-data hasil pengujian kuat desak benda uji beton dengan bahan tambah lateks pada umur yang berbeda-beda dicantumkan pada Tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1. Data kuat tekan beton berbahan tambah lateks segar 10 %

No	Umur beton (hari)	Interval pengujian (hari)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14	14	82,74
2	19	5	87,91
3	24	5	96,77
4	29	5	104,85
5	34	5	117,53
6	39	5	124,50
7	44	5	133,83
8	49	5	139,77
9	54	5	143,19
10	59	5	146,10
11	64	5	146,99
12	69	5	147,38



Tabel 4.2. Data kuat tekan beton berbahan tambah lateks segar 15 %

No	Umur beton (hari)	Interval pengujian (hari)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14	14	43,59
2	19	5	55,66
3	24	5	62,61
4	29	5	71,73
5	34	5	80,25
6	39	5	89,45
7	44	5	95,32
8	49	5	100,56
9	54	5	104,54
10	59	5	107,06
11	64	5	109,71
12	69	5	110,22

#### 4.2. Perhitungan Umur Beton Berbahan tambah lateks

Paramater statistik regresi terhadap kuat tekan ( $\sigma$ ) dan waktu ( $t$ ) dari data hasil pengujian kuat tekan terhadap benda uji beton dengan bahan tambah lateks diragkum dalam Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3. Parameter statistik regresi kuat tekan terhadap umur beton

Model regresi	Parameter Statistik	Penambahan Lateks	
		10 %	15 %
Linier	R	0,969	0,971
	SE $\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	11,486	10,71
	$\bar{Y}$	1,297 t + 68,805	1,231 t + 34,804
Eksponensial	R	0,956	0,941
	SE $\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	1,017	
	$\bar{Y}$	76,020 e <sup>0,011 t</sup>	42,315 e <sup>0,016 t</sup>
Polinomial	R	0,969	0,975
	SE $\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	1,000	0,980
	$\bar{Y}$	- 0,021 t <sup>2</sup> + 3,333 t + 54,8065	- 0,0178 t <sup>2</sup> + 2,987 t + 17,935

Umur beton berbahan tambah lateks 10 % dan 15 % dihitung sesuai parameter statistic pada Tabel 4.3. Pilihan terhadap persamaan regresi yang digunakan adalah model regresi dengan harga R yang terbaik.

Persamaan regresi terbaik kuat tekan dengan umur beton pada penambahan lateks 10 % dan 15 % adalah regresi polynomial. Umur kuat tekan tertinggi pada penambahan lateks 10 % ( $\sigma_1$ ) dan penambahan lateks 15 % ( $\sigma_2$ ) masing-masing diperoleh :

$$\sigma_1 = -0,021t^2 + 3,333t + 54,8065$$

$$\frac{d\sigma}{dt} = 0 = -0,042t + 3,333 + 0 \rightarrow t = \frac{3,333}{0,042} = 79,35 \text{ hari}$$

$$\sigma_2 = -0,0178t^2 + 2,987t + 17,935$$

$$\frac{d\sigma}{dt} = 0 = -0,0356t + 2,987 + 0 \rightarrow t = \frac{2,987}{0,0356} = 83,90 \text{ hari}$$

## V. KESIMPULAN & SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan kuat tekan beton berbahan tambah lateks segar, disimpulkan bahwa :

- Umur beton berbahan tambah lateks segar 10 % mencapai kuat tekan maksimum (kuat tekan 100%) adalah 79,35 hari.
- Umur beton berbahan tambah lateks segar 15 % mencapai kuat tekan maksimum (kuat tekan 100%) pada 83,90 hari.
- Kuat tekan beton berbahan tambah lateks segar 10 % lebih tinggi dari kuat tekan beton normal.
- Kuat tekan beton berbahan tambah lateks segar 15 % lebih rendah dari kuat tekan beton berbahan tambah lateks segar 10 % dan beton normal.

### 5.2. Saran

- Pada penelitian lebih lanjut perlu diperiksa pengaruh faktor air semen (fas) pada beton dengan bahan tambah lateks segar.
- Untuk mempercepat umur beton mencapai kuat tekan maksimum, perlu dilakukan penelitian dengan kombinasi bahan tambah lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2011, *Panduan Lengkap Karet*, Penerbit Tim Penulis Swadaya, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1993, *Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal*, Jakarta.

- Gere dan Timoshenko, 2000, *Mekanika Bahan, Jilid I*, Penerbit Erlangga, Ciracas-Jakarta
- Imran, I., 2003, *Pengenalan Rekayasa & Bahan Konstruksi*, Penerbit ITB, Bandung
- Jasen, A. Dan Chenoweth H., 1991, *Kekuatan Bahan Terapan*, Penerbit Erlangga, Ciracas-Jakarta.
- Nugraha, Paul & Antoni, 2007, *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Mulyono, T., 2005, *Teknologi Beton*, Penerbit Andi Yogyakarta.
- Murdock, L.J.,L.M. Brock, 1991, *Bahan dan Praktek Beton*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Rea Hanif Abdilah, 2009, *Penggunaan Berbagai Jenis Lateks Sebagai Bahan Tambah Pada mortar untuk Aplikasi Jalan Raya*, Penerbit IPB, Bogor.
- Soewarno, 1995, *Aplikasi metode statistik untuk analisa data*, Penerbit Nova, Bandung.
- Supranto, J., 2000, *Statistik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Tjokrodimuljo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Edisi I, Penerbit Naviri, Yogyakarta.
- Tri Budi Astanto, 2001, *Konstruksi Beton Bertulang*, Yogyakarta.