

PENGARUH PENAMBAHAN STYRENE BUTADIENE RUBBER (LATEX) TERHADAP BETON MUTU TINGGI DENGAN FILLER FLY ASH (Tinjauan Terhadap Kuat Tekan, Modulus Elastisitas dan Permeabilitas)

Ambar Susanto¹

Abstract

The addition of styrene butadiene rubber (latex) on high strength concrete with fly ash filler obtained results of compressive strength of concrete at 28 days $f_c' = 60.35$ MPa with the pattern of failure are cones and shear type. In addition, the resulting modulus of elasticity (E) = 26661.71 MPa and Poisson's ratio (ν) 0.2241. Permeability test results on high strength concrete with fly ash filler added some styrene butadiene rubber (latex) get the value of permeability coefficient (k) = $1.111E-08$ m / sec and at 0767 cm penetration.

Key words: compressive strength, modulus of elasticity, poisson's ratio, permeability coefficient

PENDAHULUAN

Secara umum beton merupakan material komposit yang terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus, air serta dengan atau tanpa bahan tambahan (additive) lainnya. Air dan semen akan membentuk pasta untuk mengisi rongga - rongga yang terjadi antara agregat halus dan kasar, sedangkan penggunaan bahan tambahan (additive) ditinjau dari fungsi material beton yang akan digunakan pada struktur bangunan. Pemakaian atau penggunaan material beton pada struktur bangunan sipil sampai saat ini masih sangat dominan, hal ini dikarenakan material pembentuk beton relatif lebih mudah untuk didapatkan dan mudah dalam pelaksanaannya, serta relatif tidak memerlukan perawatan bila dibandingkan dengan material - material lainnya seperti baja dan kayu. Pada saat ini teknologi beton telah mengalami perkembangan yang pesat terutama ditinjau dari segi kuat tekan (mutu) yang dihasilkan. Dengan menambahkan abu terbang (*fly ash*) sebagai substitusi partial akan dihasilkan beton mutu tinggi dengan kuat tekan sampai 85 MPa [1]. Pendefinisian atau penggolongan kekuatan beton mutu tinggi berdasarkan ACI Committee 363R-92 - *State of Art Report on High Strength Concrete* [2], bila beton mempunyai kuat tekan (f_c') lebih besar dari 42 MPa. Dalam penelitian - penelitian sebelumnya yang mengkaji tentang beton mutu tinggi, penggunaan styrene butadiene rubber (SBR - Latex) pada beton mutu tinggi belum sepenuhnya dikaji. Penambahan SBR - Latex diharapkan akan menurunkan permeabilitas (koefisien permeabilitas) dari beton.

KAJIAN PUSTAKA

Seperti telah diketahui bahwa beton merupakan bahan komposit yang terdiri dari gabungan bahan - bahan lainnya seperti semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Pada perkembangannya untuk menghasilkan beton mutu tinggi pada campuran beton ditambahkan abu terbang (*fly ash*) yang merupakan substitusi partial dari semen.[1]

Untuk beton latex, selain bahan - bahan dasar di atas, akan ditambahkan pada campuran beton tersebut dengan bahan kimia styrene butadiene rubber

(SBR-latex) dan abu terbang (*fly ash*). Pada bab ini akan dijelaskan secara ringkas tentang abu terbang (*fly ash*) dan styrene butadiene rubber (SBR - Latex).

Abu Terbang (Fly Ash)

Abu terbang (*fly ash*) adalah merupakan produk sampingan (limbah padat) dari proses pembakaran batu bara untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Secara fisik abu terbang berbentuk bubuk halus dengan distribusi diameternya berkisar antara 0.3 - 20 μ m . [1]

Styrene Butadiene Rubber (SBR - Latex)

Styrene butadiene rubber (SBR - Latex) merupakan rumpun dari polymer jenis elastomerik latex synthetic dengan diameter butiran sangat kecil (0.05 - 5 μ m).[3] Mekanisme penggunaan styrene butadiene rubber (SBR - Latex) pada campuran beton meliputi 2 (dua) proses yaitu :[4]

- Hidrasi semen (*cement hydration*).
- Penggabungan latex (*latex coalescence*).

Pada saat terjadi reaksi dalam campuran beton dan latex, pertama akan terjadi hidrasi semen. Pada saat proses hidrasi terjadi, air dikonsumsi dan dipindahkan dari latex sehingga partikel - partikel latex menjadi padat. Dengan pergerakan air yang kontinu pada saat hidrasi semen dan penguapan, partikel - partikel latex akhirnya bergabung ke dalam suatu film yang terjalin melalui partikel - partikel semen yang terhidrasi dan melapisi permukaan agregat.

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan besaran mekanik (*mechanical properties*) yang sangat penting, karena besaran ini yang digunakan sebagai acuan (dasar) dalam perencanaan struktur bangunan sipil. Untuk mendapatkan besarnya kuat tekan beton (f_c') dilakukan pengujian dengan standart pengujian ASTM C 39 - 86, "*Standart Test Method for Compression Concrete Specimens*".[5] Besarnya kuat tekan beton pada umur tertentu dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

di mana :

f_c' = kuat tekan beton pada umur tertentu (MPa).

¹ Dosen Politeknik Negeri Bandung

P = beban uniaksial tekan maksimum (N).

A = luas penampang benda uji (mm²).

Modulus Elastisitas Dan Poisson's Ratio

Untuk mendapatkan besaran modulus elastisitas (E) dan *Poisson's ratio* (v), dapat dilakukan dengan pengujian yang mengikuti standard ASTM C 469 - 87a , " *Standard test Méthode for Static Modulus ELastisitas and Poisson's Ratio of Concrete in Compression* "[5]. Besarnya modulus elastisitas dan *Poisson's ratio* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan dalam ASTM C 469 - 87a, sebagai berikut :

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.00005} \dots\dots (2)$$

$$v = \frac{\epsilon_{t2} - \epsilon_{t1}}{\epsilon_2 - 0.00005} \dots\dots\dots(3)$$

di mana :

E_c = modulus elatisitas beton (MPa).

v = *Poisson's ratio*.

S₂ = tegangan pada saat 40 % beban batas (MPa).

S₁ = tegangan pada saat regangan 0.00005 (MPa).

ε₂ = regangan longitudinal akibat tegangan S₂.

ε_{t2} = regangan transversal pada titik tengah benda uji pada saat tegangan sebesar S₂.

ε_{t1} = regangan transversal pada titik tengah benda uji pada saat tegangan sebesar S₁.

Menurut ACI 363 R - 92 [2], besarnya modulus elastisitas (E) yang merupakan korelasi dengan kuat tekan beton untuk beton mutu (fc') antara 21 MPa < fc' < 83 MPa, adalah :

$$E_c = 3320 \sqrt{fc'} + 6900 \text{ (MPa)} \dots\dots\dots(4)$$

Sedangkan besarnya modulus elastisitas (E), menurut Hanafiah [1] untuk beton mutu tinggi dengan abu terbang sebagai substitusi partial semen , adalah :

$$E_c = 27614.820 (t)^{0.095} \text{ (MPa) } \dots\dots (5)$$

Permeabilitas

Permeabilitas beton merupakan salah satu aspek yang sangat penting dari durabilitas, karena berfungsi menghambat lajunya serangan akibat bahan kimia dan pergerakan air. Permeabilitas beton dapat ditentukan dengan menggunakan standart pengujian DIN 1048 yang dinyatakan sebagai koefisien permeabilitas. Besarnya koefisien permeabilitas dapat ditentukan dengan persamaan Darcy's sebagai berikut : [6]

$$\frac{1}{A} \cdot \frac{dq}{dt} = k \cdot \frac{\Delta h}{L} \dots\dots\dots(6)$$

di mana :

$\frac{dq}{dt}$ = kecepatan aliran air (m³ / dt).

A = luas penampang benda uji (m²).

k = koefisien permeabilitas (m / dt).

Δh = tinggi tekanan (m).

L = ketebalan benda uji (m).

STUDI EKSPERIMENTAL

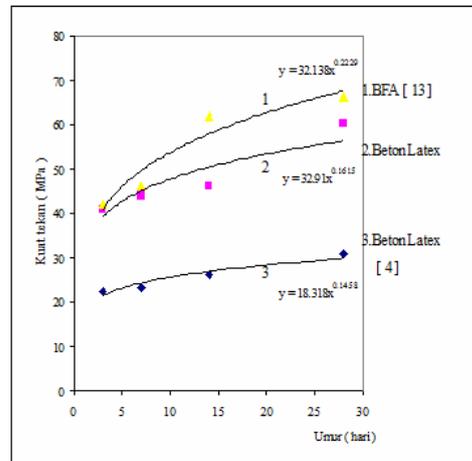
Kuat Tekan Beton

Untuk pengujian kuat tekan beton digunakan alat tekan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan kapasitas 100 ton. Setelah melalui perawatan dan capping yang baik, benda uji berbentuk silinder dengan ukuran *diameter* 100 mm dan tinggi 200 mm dilakukan pengujian pembebanan tekan uniaksial hingga benda uji hancur dengan kecepatan pembebanan (*rate of loading*) 0.14 - 0.3 MPa / detik. Metode pelaksanaan pengujian mengikuti standart uji ASTM C 39 - 86 [5], dengan umur benda uji yaitu 3,7,14,28 hari. Dengan menggunakan persamaan 1, besarnya kuat tekan untuk berbagai jenis umur beton dapat ditentukan dan hasilnya tersaji pada tabel 1.

Tabel 1 Kuat tekan beton latex

Umur Benda uji	Kuat tekan(MPa)	
	fc'	fc' rata-rata
3 hari		
1	29.353	
2	49.337	
3	44.091	40.93
7 hari		
1	46.964	
2	38.720	
3	46.714	44.13
14 hari		
1	43.217	
2	47.839	
3	47.589	46.22
28 hari		
1	57.0614	
2	63.9288	
3	60.0581	60.35

Untuk mendapatkan gambaran tentang pertumbuhan kuat tekan beton dapat dibuatkan grafik hubungan kuat tekan dan umur beton sebagai berikut .



Grafik 1. Hubungan antara umur dan kekuatan beton.

Sebagai ilustrasi proses pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1 Pengujian kuat tekan beton

Untuk ragam (model) keruntuhan untuk berbagai umur beton dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2 Ragam (model) keruntuhan

Benda Uji	Model Keruntuhan
Umur 3 hari	Columner
Umur 7 hari	Columner
Umur 14 hari	Cone and shear
Umur 28 hari	Cone and shear

Dari tabel di atas, keruntuhan dalam uji silinder untuk beton umur 3 dan 7 hari berbentuk columnar yaitu keruntuhannya membentuk garis lurus searah dengan arah pembebanan uniaksial. Sedangkan untuk beton

umur 14 dan 28 hari berbentuk cone and shear yaitu model keruntuhan dari benda uji silinder yang berbentuk kerucut. Sebagai ilustrasi model keruntuhan dari hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut



Gambar 2 Ragam keruntuhan beton
Modulus Elastisitas dan Poisson Ratio

Nilai modulus elastisitas dan *Poisson ratio* dari beton latex dapat ditentukan dengan persamaan 2 dan 3. Hasil uji tekan uniaksial yang berupa 40 % beban runtuh dan perpindahan dapat dikonversikan ke dalam tegangan dan regangan, maka besarnya modulus elastisitas dan *Poisson ratio* dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3 Modulus elastisitas

Benda Uji	Modulus Elastis		$E_c[3]$ (MPa)	$E_c[11]$ (MPa)	$E_c[13]$ (MPa)
	E_c (MPa)	E_c rata-rata			
1	26597.42	26661.71	32691.38	37898.52	38982.50
2	26790.29				
3	26597.42				

Dari hasil percobaan modulus elastisitas, dapat dibuatkan usulan korelasinya terhadap kuat tekan beton sebagai berikut :

$$E_c = 3432 \sqrt{f'_c}$$

Tabel 4 *Poisson's ratio*

Benda Uji	<i>Poisson's Ratio</i>	
	ν	ν rata-rata
1	0.1982	0.2241
2	0.2133	
3	0.2609	

Dari hasil pada tabel di atas, besarnya modulus elastisitas beton latex hasil eksperimen lebih kecil dibandingkan dengan modulus elastisitas dari ACI [2], Hanafiah [1], Oni Guspari[7], sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan styrene butadiene rubber (SBR - Latex) dapat menambah elastis dari beton(semakin kecil nilai modulus suatu beton maka akan semakin elastis). Sebagai ilustrasi

uji modulus elastisitas dapat dilihat pada gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3 Pengujian modulus elastisitas.

Permeabilitas

Besarnya permeabilitas suatu beton dinyatakan dengan koefisien permeabilitas yang ditentukan berdasarkan persamaan 6. Hasil uji

permeabilitas untuk beton latex dengan *filler fly ash* dapat dilihat pada tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5 Permeabilitas beton latex.

Benda Uji	Δh (m)	Koefisien Permeabilitas	
		k (m/dt)	$k_{rata-rata}$ (m/dt)
1	12.667E-03	1.057E-08	1.111E-08
2	9.0E-03	1.119E-08	
3	8.333E-03	1.157E-08	

Dari hasil uji permeabilitas didapatkan nilai penetrasi benda uji seperti pada tabel 6 sebagai berikut

Tabel 6 Penetrasi beton latex

Benda Uji	Penetrasi (cm)		Standart DIN 1045 (cm)
	Nilai	Nilai rata-rata	
1	1.0	0.767	< 5
2	0.8		
3	0.5		

Dengan menambahkan styrene butadiene rubber (SBR - Latex) pada campuran beton dengan *filler fly ash* didapatkan nilai permeabilitas yang relatif sangat kecil, disamping hal tersebut, nilai penetrasi yang dihasilkan lebih kecil dari nilai yang disyaratkan dalam standart DIN 1045 [6], sehingga material beton latex dengan *filler fly ash* sangat sesuai untuk struktur yang berhubungan dengan air misalnya untuk *basement*, dinding penahan tanah, terowongan dan lain - lainnya.. Sebagai ilustrasi uji permeabilitas dapat dilihat pada gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 4 Pengujian permeabilitas beton

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Substitusi partial styrene butadiene rubber sebesar 37.8 % dalam keadaan solid dari 5 % berat semen terhadap semen dan 62.2 % dalam keadaan *liquid* dari 5 % berat semen terhadap air pada campuran beton dengan *filler fly ash*

dapat dihasilkan kuat tekan beton pada umur 28 hari di atas 42 MPa serta nilai modulus elastisitasnya kecil, sehingga campuran beton latex mempunyai sifat elatis yang relatif kecil.

2. Dari aspek durabilitas beton latex, dihasilkan nilai permeabilitas sangat kecil, sehingga beton latex akan lebih sesuai digunakan untuk struktur yang berhubungan dengan air, misalnya lantai basement, dinding penahan tanah, terowongan dan lain - lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Hanafiah," Persamaan Konstitutif Beton Kinerja Tinggi dengan Abu Terbang Sebagai Substitusi Parsial Semen", Disertasi, Teknik Sipil ITB, 1996.
- ACI Committee 363R-92,"State-of-the-Art Report on High - Strength Concrete", Detroit, Michigan, 1993.
- Ohama, Y,"Handbook of Polymer - Modified Concrete and Mortars Properties and Process Technology", Noyes Publications, New Jersey, 1995.
- ACI Committee 548.3R.3," State-of-the-Art Report on Polymer -Modified Concrete", Detroit, Michigan, 1993.
- ASTM," Concrete and Agregat ", Annual Book of ASTM Standard Vol.04.02, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1993.
- DIN 1048 ," Testing Methods for Concrete", Dusseldorf, 1977.
- Guspari, O,"Kajian Eksperimental Kekuatan Lentur Balok - T Menerus Beton Bertulang", Tesis S 2, Teknik Sipil ITB, 1998.