

# SEMINAR NASIONAL

## PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DAN KONEKTIVITAS WILAYAH PERBATASAN

UNIVERSITAS  
KALTARA



Dr. Ir. H. Irianto Lambrie, M.M  
Gubernur Prov. Kalimantan Utara

Prof. Putu Alit Suthanaya, S.T., M.Eng.Sc. Ph.D  
Ahli Infrastruktur dan Transportasi

Dr. Ir. M. Djaya Bakri, M.T  
Pakar Multimoda Transportasi

### Pelaksanaan

- Hari/Tanggal : Kamis, 25 April 2019
- Waktu : 08.00 s/d selesai
- Tempat : Auditorium Lt. 3 Gedung Universitas Kaltara Tanjung Selor

### Pendaftaran

#### Offline

Universitas Kaltara  
Jl. Sengkawit RT.XVI Telp. (0552) 23189 – 23190 Tanjung Selor  
Kabupaten Bulungan Provinsi Kalimantan Utara  
Pada Hari Senin - Jum'at  
Pukul 09.00 - 14.00 wita

#### Online

Email : [semnas.pikwp2018@gmail.com](mailto:semnas.pikwp2018@gmail.com)  
Website : [bit.ly/semnaspikwp2018](http://bit.ly/semnaspikwp2018)

### Fasilitas

- ..... Seminar Kit
- ..... Sertifikat
- ..... Konsumsi
- ..... Modul

Penyelenggara dan Partnership :



### Nara Sumber

#### Sub Tema/Topik Jurnal

- Teknik/Sains
- Ekonomi
- Pertanian
- Sosial, Politik, dan Administrasi

### Biaya Seminar

#### Peserta

Mahasiswa S1/Diploma	: Rp. 100.000,-
Mahasiswa S2/S3	: Rp. 150.000,-
Dosen (S2/S3)/Guru	: Rp. 150.000,-
Umum	: Rp. 250.000,-

#### Pemakalah

Mahasiswa S1/Diploma	: Rp. 200.000,-
Mahasiswa S2/S3	: Rp. 250.000,-
Dosen (S2/S3)/Guru	: Rp. 250.000,-
Umum	: Rp. 350.000,-

### Contact

-  Rachel Z. Singal : 0813 5009 9080
-  Siti Masithah : 0811 5904 321
-  Eddy Harviyanti : 0852 4714 0122

Pembayaran ditransfer ke  
BNI No. Rek : 0699344571

a.n RINA LESMANA QQ SEMNAS UNIKAL 2018  
No. HP. 0853 4702 4926





# SEMINAR NASIONAL UNIVERSITAS KALTARA

## Pembangunan Infrastruktur dan Konektivitas Wilayah Perbatasan

Sekretariat : Kampus UNIKALTAR Jalan Sengkawit RT XVI Telp. (0552) 23189-23190 Tanjung Selor – Kalimantan Utara 77212

<https://sites.google.com/view/semnaspikwp2018> / E-mail : [semnas.pikwp2018@gmail.com](mailto:semnas.pikwp2018@gmail.com)

Contact person : 081350099080 (Rachel) & 082250220363 (Ulan)

### FORMULIR PENDAFTARAN



- Sub Tema / Topik Jurnal :
- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Teknik / Sains                   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2. Ekonomi                          | <input type="checkbox"/>            |
| 3. Pertanian                        | <input type="checkbox"/>            |
| 4. Sosial, Politik dan Administrasi | <input type="checkbox"/>            |
- Untuk Pemakalah  
Silahkan dipilih (√)

Nama Lengkap : Ir. Darmansyah Tjitradi, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng.  
Email : [tjitradi\\_syah@ulm.ac.id](mailto:tjitradi_syah@ulm.ac.id)  
Alamat/Domisili : Komp. Bunyamin Permai I Ray 2 No. 124 RT. 14 RW. 01,  
Kecamatan Kertak Hanyar, Kelurahan Kertak Hanyar I,  
Kabupaten Banjar - 70654  
No. Telepon Rumah : 0811513174  
No. Ponsel : 08988802040  
Perguruan Tinggi : Universitas Lambung Mangkurat (ULM)  
Alamat Perguruan Tinggi : Jalan Jenderal Achmad Yani Km, 35,5  
Banjarbaru - Kalimantan Selatan - 70714  
Fakultas/ Program Studi : Teknik/ Program Studi Program Profesi Insinyur

Banjarmasin, 05 April 2019

**(Ir. Darmansyah Tjitradi, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng.)**

# KAJIAN DESAIN BETON MUTU TINGGI DALAM MENUNJANG PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DI INDONESIA

Darmansyah Tjitradi<sup>1</sup>, Eliatun<sup>2</sup>

1. Fakultas Teknik, Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Lambung Mangkurat  
email: tjitradi\_syah@ulm.ac.id

2. Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat  
email: eliatun\_tarip@ulm.ac.id

## Abstrak

*Pembangunan infrastruktur di Indonesia sangat pesat selama empat tahun terakhir ini. Namun demikian pembangunan infrastruktur tersebut masih tertinggal dibandingkan dengan negara-negara di Asia. Saat ini pembangunan infrastruktur masih menjadi fokus pemerintah untuk mendorong pertumbuhan ekonomi dan menambah daya saing seiring dengan pengembangan kualitas sumber daya manusia. Untuk mendukung pembangunan infrastruktur salah satu caranya adalah penggunaan beton mutu tinggi sebagai bahan konstruksi, hal ini dikarenakan beton mutu tinggi banyak sekali memiliki keunggulan-keunggulan. Melalui kajian pustaka ini dapat dipelajari pentingnya pemahaman mengenai karakteristik dan konsep desain kapasitas lentur beton mutu tinggi agar penggunaan beton mutu tinggi sebagai bahan konstruksi dalam proyek infrastruktur dapat lebih optimal. Di Indonesia peraturan beton SNI 03-2847-2002 hanya mengatur mengenai penggunaan beton mutu normal namun masih belum mengatur mengenai hal-hal yang berkenaan dengan beton mutu tinggi. Hal ini sangat penting sekali karena banyak sekali proyek infrastruktur yang memerlukan penggunaan beton mutu tinggi sebagai bahan konstruksi seperti bangunan bertingkat tinggi, bendungan, jembatan bentang panjang, pondasi pelabuhan, atap-atap tribun, dll.. Untuk itu diperlukan pengetahuan yang lebih baik mengenai karakteristik dan desain beton mutu tinggi untuk menjamin kesesuaian di antara desain dan persyaratan-persyaratan struktur. Melalui kajian pustaka ini dapat diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi tercapainya mutu beton yang tinggi dan secara desain diperoleh hasil bahwa analisis kapasitas lentur menurut SNI 03-2847-2002 masih dapat digunakan di dalam desain penampang beton mutu tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa beton mutu tinggi merupakan prospek yang sangat baik sebagai bahan konstruksi untuk mempercepat pembangunan infrastruktur di Indonesia.*

*Kata kunci: beton mutu tinggi, infrastruktur*

## 1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di Indonesia baik di kota besar maupun di desa selama empat tahun terakhir ini sangat gencar sekali, namun infrastruktur Indonesia masih tertinggal dibandingkan negara tetangga di Asia Tenggara seperti Singapura, Thailand, dan Malaysia. Untuk itu, pembangunan infrastruktur masih menjadi fokus pemerintah untuk mendorong daya saing seiring dengan pengembangan kualitas sumber daya manusia melalui pembenahan sistem pendidikan dan pelatihan vokasi. Hingga saat ini, sebanyak 46 proyek infrastruktur yang masuk daftar Proyek Strategis Nasional (PSN). Proyek tersebut mencakup jalan tol, pembangkit listrik maupun penyediaan air minum telah selesai dibangun dengan nilai mencapai Rp 159 triliun (Friska, 2019).

Infrastruktur sendiri ditunjang oleh beberapa pihak salah satunya adalah sebuah industri beton. Seperti yang telah diketahui bahwa pada tahun 2018 dan tahun 2019 peningkatan penggunaan beton terutama beton pracetak akan semakin meningkat hingga persentase 50%. Pasar konstruksi Indonesia merupakan pasar konstruksi terbesar yang ada di Asean yang menyumbang sekiranya 60 hingga 70% dari total pasar di wilayah Asean dan konstruksi beton menyumbang 40% bahan bangunan yang digunakan dalam proyek-proyek yang ada di Indonesia. (Adisty P.H.,2018)

Untuk mendukung pembangunan infrastruktur salah satu cara adalah penggunaan beton mutu tinggi sebagai bahan konstruksi. Hal ini dikarenakan beton mutu tinggi mempunyai keuntungan sebagai berikut (Scribd, 2016):

- a. Menghasilkan beton dengan ketahanan tinggi (high durability).
- b. Menghasilkan beton dengan kuat tekan awal yang tinggi dan mempercepat pelaksanaan konstruksi.
- c. Memungkinkan pembangunan konstruksi bangunan tingkat tinggi (high rise construction).
- d. Meningkatkan nilai modulus elastisitas dan mengurangi efek rangkak (creep).
- e. Memperkecil dimensi kolom, sehingga penggunaan ruang lantai lebih efisien.
- f. Secara ekonomi dapat meningkatkan penggunaan box girder dan solid girder bridge dengan design yang lebih simpel.

Sesuai dengan perkembangan teknologi beton yang demikian pesat, ternyata kriteria beton mutu tinggi juga selalu berubah sesuai dengan kemajuan tingkat mutu yang berhasil dicapai. Pada tahun 1950an, beton dengan kuat tekan 30 MPa sudah dikategorikan sebagai beton mutu tinggi. Pada tahun 1960an hingga awal 1970an, kriterianya lebih lazim menjadi 40 MPa. Saat ini, disebut mutu tinggi untuk kuat tekan diatas 50 MPa, dan 80 MPa sebagai beton mutusangat tinggi, sedangkan 120 MPa bisa dikategorikan sebagai beton bermutu ultra tinggi (Supartono, 1998a).

Di Indonesia, mulai dari peraturan PBI-1955, PBI-1971, SNI 03-2847-1992, dan SNI 03-2847-2002 masih belum mencakup hal-hal yang berkenaan dengan beton mutu tinggi. Hal ini sangat penting sekali karena banyak sekali proyek infrastuktur yang memerlukan penggunaan beton mutu tinggi sebagai bahan konstruksi seperti bangunan bertingkat tinggi, jembatan bentang panjang, bendungan, pondasi pelabuhan, atap-atap tribun, dll.. Oleh karena itu tujuan dari kajian pustaka ini adalah pentingnya pemahaman mengenai karakteristik dan konsep desain kapasitas lentur beton mutu tinggi agar penggunaan beton mutu tinggi sebagai bahan konstruksi dalam proyek infrastruktur dapat lebih optimal.

## **2. METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang diterapkan adalah berupa kajian pustaka dengan mendalami materi yang relevan dengan penelitian yaitu mengenai infrastruktur dan beton mutu tinggi, yang meliputi berbagai buku teks, jurnal ilmiah, peraturan dan Standar Nasional maupun Internasional.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kajian mengenai beton mutu tinggi meliputi:

### **1) Faktor-faktor yang mempengaruhi beton mutu tinggi (Supartono, 1998b)**

- a) Peningkatan kekuatan pasta-semen, yang biasanya didapat dengan cara:
  - Mengurangi porositas pasta semen
  - Mengurangi faktor air semen
  - Menggunakan bahan admixture seperti plasticizer/ superlasticizer
  - Menggunakan bahan additive seperti mikrosilika (silicafume), abu terbang (fly ash), abu slag besi (iron blast furnace slag)
- b) Pemilihan kualitas agregat yang baik, yang biasanya didapat dengan cara:
  - Bentuk fisik agregat halus bulat dan bertekstur halus
  - Bentuk fisik agregat kasar batu pecah dengan bentuk kubikal dan tajam
  - Ukuran maksimum agregat kasar < 25 mm

- Modulus kehalusan (fineness modulus) pasir berkisar 2,5 s.d. 3,0
  - Agregat kasar memiliki porositas rendah
  - Agregat kasar memiliki kuat tekan hancur yang tinggi ( $< 27\%$ )
  - Gradasi yang baik dan teratur
  - Bersih
- c) Peningkatan kuat lekatan antara pasta semen dengan agregat, yang biasanya didapat dengan cara:
- Menggunakan bahan additive seperti mikrosilika (silicafume), abu terbang (fly ash), abu slag besi (iron blast furnace slag)
  - Pemilihan kualitas agregat yang baik
- d) Perawatan atau curing pada beton yang baik setelah pengecoran
- e) Quality control yang ketat

## 2) Peraturan Beton Mutu Tinggi

Peraturan di Indonesia tidak secara jelas mengenai batasan beton mutu tinggi, misalnya pada SNI 03-2847-1992 hanya mengklafikasikan beton mutu tinggi apabila  $f_c' \geq 55$  MPa, dan SNI 03-2847-2002 mengalami perubahan menjadi  $f_c' \geq 58$  MPa. Saat ini pada SNI 2847:2013 mengijinkan penggunaan tiga sampel silinder berukuran 100x200 mm untuk mengantisipasi penggunaan beton mutu tinggi. Penggunaan beton dari beberapa negara dalam bentuk peraturan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Peraturan beberapa negara yang mengatur tentang penggunaan beton (Helland, 1996), (SNI, 2013), (ACI 318M-08).

No.	Negara	Code	Tahun Terbit	Mutu Beton (MPa)	Standar Ukuran Benda Uji
1.	Indonesia	PBI-71	1971	Tanpa pembatasan	Kubus 150 mm
		SNI 03-2847-1992	1992	$0 \leq f_c' \leq 55$	Silinder 150/300 mm
		SNI 03-2847-2002	2002	$0 \leq f_c' \leq 58$	Silinder 150/300 mm
		SNI 2847:2013	2013	$17 \leq f_c' \leq 56$	Silinder 150/300 mm
Silinder 100/200 mm					
2.	Amerika	ACI 318M-08	2008	$17 \leq f_c' \leq 56$	Silinder 6/12"
3.	Jepang	Spesf. for HSC	-	$f_c' \leq 80$	Silinder 100/200 mm
4.	Jerman	Suppl. to DIN	1994	$f_c' \leq 115$	Kubus 200 mm
5.	Swedia	BBK 79	-	$f_c' \leq 80$	Kubus 150 mm
6.	Belanda	Suppl. to NEN	1994	$f_c' \leq 105$	Kubus 150 mm

### 3) Permasalahan pelaksanaan beton mutu tinggi (Scribd, 2016)

Pelaksanaan pembuatan beton yang bermutu tinggi di Indonesia masih banyak terdapat kendala dan permasalahan, terutama yang berhubungan dengan kekuatan tekannya. Berdasarkan pengamatan dilapangan permasalahan tersebut diantaranya:

- a) Kegagalan mutu beton mencapai target kuat tekan sebagaimana yang disyaratkan, terutama untuk beton cor ditempat dengan kuat tekan lebih dari 60 MPa.
- b) Keseragaman dan ketidakteraturan mutu dan kelecakan beton yang dihasilkan untuk suatu elemen yang dihasilkan masih sangat kecil.
- c) Kehilangan nilai slump antara saat pengadukan sampai penuangan beton.

Untuk mengatasi permasalahan pelaksanaan beton mutu tinggi di lapangan maka harus memahami faktor-faktor yang mempengaruhi beton mutu tinggi.

### 4) Sifat-Sifat Fisik Beton Mutu Tinggi

Sifat-sifat fisik beton mutu tinggi apabila dibandingkan dengan beton mutu normal dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat Fisik Beton Mutu Tinggi (BMT) dengan Beton Mutu Normal (BMN) (Raka, 1997).

No.	Sifat Fisik yang ditinjau	Beton Mutu Tinggi dengan Beton Mutu Normal	Kesimpulan
1.	Peningkatan kekuatan tekan beton terhadap umur tertentu	Pada awal lebih tinggi selanjutnya hampir sama	Menguntungkan dalam pelaksanaan
2.	Perkembangan panas akibat hidrasi	Lebih besar karena partikel halus lebih banyak	Hati-hati pd susut awal
3.	Sifat termodinamika (kalor spesifik, penyebaran panas (diffusivity), penghantar panas, koefisien muai)	Hampir sama	Sama
4.	Susut	Pada awal lebih tinggi selanjutnya hampir sama Secara umum susut total lebih kecil BMT dibandingkan BMN	Kurang baik Lebih baik
5.	Rangkak	Pada awal lebih tinggi	Pembebanan BMT pada umur muda dihindari Lebih baik
6.	Ketahanan terhadap <i>fatigue</i>	Lebih rendah	Kurang baik
7.	Deformasi akibat beban repetisi	Lebih rendah	Lebih baik

## 5) Sifat-Sifat Mekanik Beton Mutu Tinggi

Sifat-sifat mekanik beton mutu tinggi apabila dibandingkan dengan beton mutu normal dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Sifat-Sifat Mekanik Beton Mutu Tinggi (BMT) dengan Beton Mutu Normal (BMN) (Raka, 1997).

No.	Sifat Mekanik yang ditinjau	Beton Mutu Tinggi dengan Beton Mutu Normal	Kesimpulan
1.	Poisson's Ratio ( $\nu$ )	0,20 s.d. 0,28 Untuk $55 < f_c' < 80$ MPa	Hampir sama
2.	Regangan Tekan ultimit ( $\epsilon_{cu}$ )	0,003 s.d. 0,004 PBI-1971: $\epsilon_{cu} = 0,0035$ SNI-02: $\epsilon_{cu} = 0,003$ BMN lebih daktail	Lebih rendah
3.	Kuat Tarik membelah (Tensile Splitting Strength)	$f_{sp}' \approx 10\% \cdot f_c' \text{ (MPa)}$ $0,4 \cdot \sqrt{f_c'} \text{ s.d. } 0,6 \cdot \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)}$	Semakin tinggi
		$f_{sp}' = 0,59 \cdot \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)}$ untuk $21 \text{ MPa} < f_c' < 83 \text{ MPa}$	
4.	Modulus Rupture (Retak) (Flexural tensile strength)	$0,6 \cdot \sqrt{f_c'} \text{ s.d. } 0,96 \cdot \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)}$ SNI - 02 : $0,7 \cdot \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)}$	Semakin tinggi
		ACI - 08 : $f_r' = 0,94 \cdot \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)}$ untuk $21 \text{ MPa} < f_c' < 83 \text{ MPa}$	
5.	Kuat Tarik (Direct Tension)	65% s.d. 75% dari $f_r'$ $f_t = 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)}$	Semakin Tinggi
6.	Modulus Elastisitas ( $E_c$ )	SNI - 02 : $E_c = 0,043 \cdot (wc^{1,5}) \cdot \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)}$ atau $E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)}$	Bervariasi, Semakin Tinggi
		AS/Kanada/Selandia Baru : $E_c = \left(3320 \cdot \sqrt{f_c'} + 6900\right) \cdot \left(\frac{wc}{2300}\right)^{1,5} \text{ (MPa)}$ untuk $21 \text{ MPa} < f_c' < 83 \text{ MPa}$	

## 6) Analisis Lentur Beton Mutu Tinggi

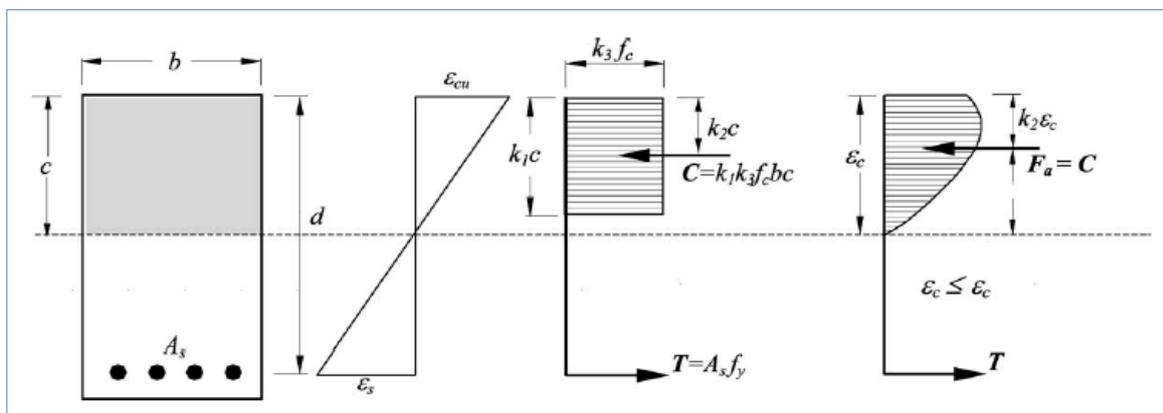
### a) Diagram Blok Tegangan-Regangan Beton

Analisis kapasitas lentur suatu penampang beton dilakukan berdasarkan diagram tegangan dan regangan tekan beton seperti pada Gambar 1 (Park R & Paulay T, 1975). Kapasitas lentur suatu penampang beton dapat diperoleh dengan persamaan:

$$M_n = k_1 \cdot k_3 \cdot f_c' \cdot b \cdot c \cdot (d - k_2 \cdot c) \text{ atau } M_n = A_s \cdot f_y \cdot d \cdot \left( 1 - 0,59 \cdot \rho \cdot \frac{f_y}{f_c'} \right)$$

Dimana:  $k_1 \cdot k_3 \cdot f_c' \cdot b \cdot c = A_s \cdot f_y$

Nilai faktor blok tegangan beton ( $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ ) dari setiap negara dan beberapa usulan peneliti pada Tabel 4 nampak terlihat berbeda-beda, hal ini menunjukkan bahwa penelitian mengenai beton mutu tinggi ini masih terus mengalami perkembangan.



Gambar 1. Diagram tegangan, regangan tekan beton

Tabel 4 Faktor Blok Tegangan Segiempat Beton (Ertekin, et.al, 2003), (Darmansyah, dkk., 2002), (SNI, 2002) (ACI 318M-08).

Usulan	$k_1=2 \cdot k_2$	$k_3$
SNI 03-2847-2002	$1,0643 - 0,0071 \cdot f_c'$ ( $0,65 \leq k_1 \leq 0,85$ )	0,85
ACI-318	$1,09 - 0,008 \cdot f_c'$ ( $0,65 \leq k_1 \leq 0,85$ )	0,85
Eurocode-2	$1,09 - f_c' / 500$	0,85
CSA-94	$0,97 - 0,0025 \cdot f_c' \geq 0,67$	$0,85 - 0,0015 \cdot f_c' \geq 0,67$
NZS-95	$1,09 - 0,008 \cdot f_c'$ ( $0,65 \leq k_1 \leq 0,85$ )	$1,07 - 0,004 f_c'$ ( $0,75 \leq k_3 \leq 0,85$ )
Attard and Steward	$1,0948 - (f_c')^{-0,091} \geq 0,67$	$0,647 - (f_c')^{0,0324} \geq 0,58$
Ibrahim and MacGregor	$0,95 - f_c' / 4000 \geq 0,70$	$0,85 - f_c' / 800 \geq 0,725$
Bing, et.al.	$1,09 - 0,008 \cdot f_c'$ ( $0,65 \leq k_1 \leq 0,85$ )	$0,85 - 0,004 \cdot (f_c' - 55) \geq 0,75$
Azizinamini, et.al.	$1,09 - 0,008 \cdot f_c'$ ( $0,65 \leq k_1 \leq 0,85$ )	$0,85 - 0,0073 \cdot (f_c' - 69) \geq 0,60$ ( $0,60 \leq k_3 \leq 0,85$ )
Ertekin Oztekin, et.al.	$- 0,0012 \cdot f_c' + 0,805$	$- 0,002 \cdot f_c' + 0,964$

### b) Rasio Tulangan Minimum Elemen Lentur

Tulangan minimum pada sebuah penampang dimaksudkan untuk mencegah terjadinya keruntuhan beton yang bersifat getas. Perbandingan tulangan minimum untuk beton mutu normal dan beton mutu tinggi dari beberapa peraturan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan tulangan minimum untuk Beton Mutu Normal dan Beton Mutu Tinggi dari beberapa peraturan (SNI, 2002), (ACI 318M-08).

Peraturan/Code	Rasio Tulangan Minimum	Syarat
Indonesia SNI-1992	$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$	
Indonesia SNI-02 & Amerika ACI 318M-08	$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$	$f'_c < 30 \text{ MPa}$
	$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y}$	$f'_c > 30 \text{ MPa}$
	Tetapi tidak boleh kurang dari $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$	
Jepang	$\rho_{min} = [(7,5 \cdot 10^{-4} \cdot f_y) + 1,34] \cdot \rho_b$	

### c) Rasio Tulangan Maksimum Elemen Lentur

Secara umum batasan tulangan maksimum dimaksudkan untuk mengendalikan perilaku keruntuhan beton. Untuk mencapai keruntuhan daktail, maka desain penampang harus dalam kondisi bertulangan lemah (under reinforced), maka harus ditetapkan rasio tulangan terpasang batasannya dibawah tulangan seimbang (balanced reinforced). Menurut SNI 03-2847-2002 nilai rasio tulangan maksimum masih sama antara beton mutu tinggi dan beton mutu normal, yaitu:  $0,75 \cdot \rho_b$  untuk beban gravitasi, dan  $0,50 \cdot \rho_b$  untuk beban gempa. Rasio tulangan maksimum elemen lentur untuk beton mutu normal dan beton mutu tinggi dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot \left[ \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \right]$$

### d) Kapasitas Lentur Beton Mutu Tinggi

Kapasitas lentur penampang yang menggunakan beton mutu tinggi dapat ditentukan dengan nilai ( $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ ) yang berdasarkan usulan dari para peneliti (Tabel 4). Dengan mengambil studi kasus sebuah penampang balok beton bertulangan tunggal dengan dimensi 400 mm x 600 mm yang menggunakan beton mutu tinggi  $f'_c = 70 \text{ MPa}$ , dan mutu baja  $f_y = 400 \text{ MPa}$  dengan variabel penampang seperti pada Tabel 6.

Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa hasil analisis kapasitas lentur yang menggunakan blok tegangan segiempat ekivalen untuk beton mutu normal menurut peraturan SNI 03-2847-2002 ternyata hasilnya tidak jauh berbeda dengan analisis kapasitas lentur yang menggunakan blok tegangan segiempat untuk beton mutu tinggi, hal ini berarti peraturan SNI 03-2847-2002 masih dapat digunakan untuk mendesain elemen lentur yang menggunakan beton mutu tinggi.

Tabel 6. Perbandingan Analisis Kapasitas Lentur Balok Beton Mutu Tinggi Bertulangan Tunggal berdasarkan beberapa usulan (SNI, 2002), (ACI 318M-08, 2008), (Halit, et.al, 2008), (Ertekin O., et.al, 2003)

Parameter Balok Tulangan Tunggal	Analisis Kapasitas Lentur menggunakan stress-strain Beton Mutu Normal		Analisis Kapasitas Lentur menggunakan stress-strain Beton Mutu Tinggi				
	SNI-02	ACI-318	Eurocode-2	CSA-94	NZS-95	Ertekin O., et.al.	Halit, et.al
<b>b (mm)</b>	400	400	400	400	400	400	400
<b>h (mm)</b>	600	600	600	600	600	600	600
<b>ds (mm)</b>	50	50	50	50	50	50	50
$\phi_{ut}$	20	20	20	20	20	20	20
$\phi_s$	10	10	10	10	10	10	10
<b>n (bh)</b>	4	4	4	4	4	4	4
<b>f<sub>c</sub>' (MPa)</b>	70	70	70	70	70	70	70
<b>f<sub>y</sub> (MPa)</b>	400	400	400	400	400	400	400
<b>d (mm)</b>	530	530	530	530	530	530	530
<b>As (mm<sup>2</sup>)</b>	1256	1256	1256	1256	1256	1256	1256
$\rho$	0,0059	0,0059	0,0059	0,0059	0,0059	0,0059	0,0059
<b>k<sub>1</sub></b>	0,6500	0,6500	0,7600	0,7950	0,6500	0,7210	0,5436
<b>k<sub>2</sub></b>	0,3250	0,3250	0,3800	0,3975	0,3250	0,3605	0,2727
<b>k<sub>3</sub></b>	0,8500	0,8500	0,8500	0,7450	0,7900	0,8240	0,8500
<b>Mn (kN.m)</b>	<b>266,2620</b>	<b>266,2620</b>	<b>266,2620</b>	<b>266,2606</b>	<b>266,2612</b>	<b>266,2617</b>	<b>266,2620</b>

#### 4. KESIMPULAN

Dari uraian mengenai karakteristik dan desain beton mutu tinggi dapat disimpulkan, sebagai berikut:

- Peraturan SNI 03-2847-2002 masih belum sepenuhnya mengatur tentang mutu dan desain beton mutu tinggi, namun hanya mengatur untuk mutu dan desain beton mutu normal.
- Peraturan SNI 03-2847-2002 masih dapat digunakan untuk mendesain penampang lentur yang menggunakan beton mutu tinggi.
- Beton mutu tinggi mempunyai prospek yang sangat baik sebagai bahan konstruksi untuk mempercepat pembangunan infrastruktur di Indonesia.
- Kesepakatan sifat-sifat dan desain beton mutu tinggi antara beberapa negara maju masih belum kompak, itu menandakan masih perlunya penelitian lebih lanjut terhadap beton mutu tinggi.

## 5. SARAN

- a) Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai pembuatan beton mutu tinggi agar keseragaman mutu beton dapat terjamin.
- b) Perlu dibuat peraturan SNI mengenai pembuatan campuran beton mutu tinggi dan desain elemen struktur yang menggunakan beton mutu tinggi di Indonesia.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknik ULM yang telah memberikan dukungan dalam kajian pustaka ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 318, 2008. *Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318 M-08)*, American Concrete Institute.
- Adisty P.H., 2018. *Pembangunan Infrastruktur yang di Dukung Industri Beton* di <https://indonesiana.tempo.co/read/127795/2018/09/24/adistputriharli/pembangunan-infrastruktur-yang-di-dukung-industri-beton>. Diakses tanggal 05 April 2019.
- Badan Standardisasi Indonesia, 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013. *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847:2013)*, Jakarta.
- Darmansyah Tjitradi (UNLAM), Rachmat Purwono (ITS), Priyosulistyo (UGM), 2002. *Daktilitas Kolom Segiempat Berlubang yang Terkekang pada Beton Mutu Tinggi*, Majalah Ipteks, ITS Surabaya, Vol 13 No. 2, Edisi Mei.
- Ertekin Oztekin, Selim Pul, Metin Husem, 2003. *Determination of rectangular stress block parameters for high performance concrete*, Engineering Structures 25, pp. 371–376.
- Friska Y., 2019. *Infrastruktur Indonesia Masih tertinggal* di <https://republika.co.id/berita/ekonomi/keuangan/pl0hp6370/infrastruktur-indonesia-masih-tertinggal>. Diakses tanggal 05 April 2019.
- Halit C.M., Sami R., Paul Z. Amir M., 2008. *Characteristics of Compressive Distribution in High Strength Concrete*, ACI Structural Vol. 105 No.5, Sept.-Oct., 2008.
- Helland, 1996. *Utilization of High Strength Concrete*, Fourth International Symposium on the utilization of HS/HPC, Paris, 29-31 May.
- Park R & Paulay T, 1975. *Reinforced Concrete Structures*, John Willey & Sun.
- Raka IGP., 1997. *Mengenal Beton Mutu Tinggi*, Seminar Sehari Profesionalisme Sarjana Teknik Dalam Memenuhi Tuntutan Lapangan Kerja Menjelang Persaingan Global Tahun 2003, Himpunan Mahasiswa Sipil Fakultas Teknik Udayana Denpasar, 12 September 1997.
- Scribd, 2016. *Makalah Beton Mutu Tinggi* di <https://www.scribd.com/document/328120479/Bab-i-Makalah-Beton-Mutu-Tinggi>. Diakses tanggal 05 April 2019.
- Supartono, F.X., 1998a, *Mengenal dan Mengetahui Permasalahan pada Produksi Beton Berkinerja Tinggi*, artikel ilmiah, Jurusan Sipil FTUI, Jakarta.
- Supartono, F.X., 1998b, *Beton Berkinerja Tinggi dan Kaitannya dengan Pembangunan Nasional memasuki Abad 21*, Seminar Material Konstruksi, Jurusan Sipil FTUI, Jakarta.