

Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Berdasarkan Beberapa Metode Persyaratan Penerimaan Beton di Indonesia

Comparison Values Concrete Compressive Strength Based on Several Methods Admission Requirements Concrete in Indonesia

Abdullah & Harmiyati

Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau
Jl. Kaharuddin Nasution 113 Pekanbaru-28284

Abstrak

Tercapainya mutu beton yang direncanakan adalah salah satu hal penting dalam semua proyek yang menggunakan beton. Namun dalam upaya mencapai mutu beton sesuai dengan yang direncanakan itu harus mengikuti peraturan / pedoman standar yang ditetapkan di Indonesia. Bila kita melihat apa yang telah dialami selama ini diberbagai proyek, banyak sekali timbul permasalahan disekitar penerimaan mutu beton. Dengan cara mengenal lebih dekat segala persyaratan yang berkaitan dengan beton dan mengerti kaitan persyaratan satu dengan persyaratan lainnya akan membantu mempermudah dalam *aplikasi code*/pelaksanaan peraturan yang dikeluarkan dalam satu pengertian yang benar. Metode yang digunakan adalah Peraturan Beton Indonesia (PBI'71), Pedoman Beton 1989 (PB'89) dan Standar Nasional Indonesia 2002 (SNI 03-2847-2002), dengan menggunakan data hasil *test* kuat tekan beton benda uji kubus mutu beton (K-275) sebagai data analisis dan perbandingannya. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kekuatan tekan beton dengan kekuatan tekan rencana K-275 Kg/cm² atau $f_c' = 22,83 \text{ Mpa}$ mulai dari DATA I (0,0% sika cim), DATA II (0,3% sika cim), DATA III (0,6% sika cim), DATA IV (0,9% sika cim) secara keseluruhan memenuhi syarat 100% berdasarkan Persyaratan PBI'71 dan SNI 03-2847-2002, namun adanya mutu beton yang tidak diterima oleh Persyaratan PB'89. Hal ini terjadi hanya pada DATA I dimana terdapat sekitar 7,5 % yang tidak diterima oleh persyaratan PB'89. SNI 03-2847-2002 lebih efektif untuk diterapkan dilapangan karena kriteria Penerimaan Mutu beton lebih mudah diikuti dan dari hasil evaluasi dan penerimaan mutu beton semua data dinyatakan memenuhi syarat dan standar deviasi yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan standar deviasi menurut peraturan PBI'71 dan PB'89. untuk memperoleh mutu beton yang lebih ekonomis sebaiknya menggunakan SNI 03-2847-2002 sebagai acuan dalam mengevaluasi mutu beton.

Kata Kunci : Beton, Kuat Tekan, Mutu Beton, PBI'71, PB'89 dan SNI 03-2847-2002

Abstract

The achievement of the planned concrete quality is one important thing in all projects that use concrete. But in order to achieve the quality of concrete as planned it should follow the rules / guidelines established standards in Indonesia. When we look at what has been experienced so far in various projects, many problems arise around the reception quality of the concrete. By way get closer all the requirements relating to concrete and understood the association with the requirements of the other requirements will help facilitate the application code / implementation of regulations issued in one sense that is true. The method used is Rule Concrete Indonesia (PBI'71), Concrete Guidelines, 1989 (PB'89) and in 2002 the Indonesian National Standard (SNI 03-2847-2002), using data from the concrete compressive strength test specimen strength of concrete cube (K -275) as the data analysis and comparison. The result showed that the compressive strength of concrete with compressive

strength of the plan K-275 kg / cm² or $f_c' = 22.83$ MPa from DATA I (0.0% sika cim), DATA II (0.3% sika cim), DATA III (0.6% sika cim), DATA IV (0.9% sika cim) overall qualified 100% based on the Terms PBI'71 and SNI 03-2847-2002, but their quality of concrete that is not accepted by the Terms PB '89. This happens only in DATA I in which there are around 7.5%, which is not accepted by PB'89 requirements. SNI 03-2847-2002 more effective to be applied in the field for Acceptance criteria quality of the concrete is easier to follow and the results of the evaluation and the reception quality of concrete all the data declared ineligible and the resulting standard deviation lower than the standard deviation according to the rules PBI'71 and PB ' 89. to obtain a more economical quality concrete SNI 03-2847-2002 should use as a reference in evaluating the quality of concrete.

Keywords: Concrete, Compressive Strength, Quality Concrete, PBI'71, PB'89 and SNI 03-2847-2002

PENDAHULUAN

Tercapainya mutu beton yang direncanakan adalah salah satu hal penting dalam semua proyek yang menggunakan beton. Namun dalam upaya mencapai mutu beton sesuai dengan yang direncanakan itu harus mengikuti peraturan / pedoman standar yang ditetapkan di Indonesia. Di Indonesia peraturan atau pedoman standar sebagai salah satu acuan yang mengatur perencanaan dan pelaksanaan bangunan beton khususnya dalam hal evaluasi dan penerimaan mutu beton terus mengalami perubahan dan pembaruan, sejak dikeluarkannya Peraturan Beton Indonesia 1955 (PBI'55), kemudian Peraturan Beton Indonesia 1971 (PBI'71), Pedoman Beton 1989 (PB'89), dan yang terakhir adalah SNI 03-2847-2002. Pembaruan tersebut tidak lain ditujukan untuk memenuhi kebutuhan dalam upaya mengimbangi pesatnya laju perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya yang berhubungan dengan teknologi beton.

Dalam pencapaian kualitas beton yang baik diperlukan *skill* dan pengawasan yang baik. Khusus untuk evaluasi dan penerimaan mutu beton, suatu mutu beton dapat dikatakan memenuhi syarat atau tidaknya bila memenuhi kriteria persyaratan penerimaan mutu beton yang telah ditetapkan oleh beberapa metode persyaratan penerimaan mutu beton di Indonesia. Beberapa metode tersebut memiliki tujuan yang sama yaitu mengevaluasi mutu beton itu sendiri, namun diantara beberapa metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan dalam hal persyaratan penerimaan mutu beton.

LANDASAN TEORI

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan, dimana bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen Portland, air, agregat kasar dan agregat halus (kadang – kadang ditambahkan bahan – bahan tambahan yang sangat bervariasi, mulai dari zat kimia, serat, dan sebagainya) pada perbandingan tertentu (PBI 1971). Campuran tersebut bilamana dituangkan dalam cetakan kemudian dibiarkan beberapa waktu, maka akan mengeras seperti batu. Pengerasan itu terjadi karena adanya peristiwa reaksi kimia antara air dan semen. Hal ini berjalan seiring dengan waktu, yang mengakibatkan campuran itu selalu bertambah keras setara dengan umurnya. Beton yang sudah keras dapat dianggap sebagai batu tiruan, dengan rongga – rongga antara butiran yang besar (agregat kasar, kerikil atau batu pecah) diisi oleh butiran yang lebih kecil (agregat halus, pasir) dan

pori – pori antara agregat halus ini diisi oleh semen dan air (pasta semen). Dalam adukan beton, air dan semen membentuk pasta yang dikenal dengan sebutan pasta semen. Pasta semen selain mengisi pori – pori diantara butiran – butiran agregat halus juga bersifat sebagai perekat / pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran – butiran agregat saling terikat dengan kuat.

Evaluasi dan Metode Persyaratan Penerimaan Mutu Beton Menurut PBI 1971 (PBI'71)

Kriteria Penerimaan Mutu Beton

Mutu beton dan mutu pelaksanaan dianggap memenuhi syarat, apabila dipenuhi syarat-syarat berikut:

1. Tidak boleh lebih dari 1 nilai diantara 20 nilai hasil pemeriksaan benda uji berturut-turut terjadi kurang dari σ_{bk}' .
2. Tidak boleh satupun nilai rata-rata dari 4 hasil pemeriksaan benda uji berturut-turut terjadi kurang dari $(\sigma_{bk}' + 0,82 \text{ Sr})$.
3. Selisih antar nilai tertinggi dan terendah diantara 4 hasil pemeriksaan benda uji berturut-turut tidak boleh lebih besar dari 4.3 Sr.
4. Dalam segala hal, hasil pemeriksaan 20 benda uji berturut-turut harus memenuhi :

$$\sigma_{bk}' = \sigma_{bm} - 1,64s \dots \dots \dots (1)$$

Dimana: σ_{bk}' = Kekuatan tekan beton karakteristik yang disyaratkan (kg/cm²)
 σ_{bm} = Kekuatan tekan rata-rata (kg/cm²)
1,64 = Konstanta (kg/cm²)
s = Standar Deviasi (kg/cm²)

- a. Apabila syarat 1 s/d 3 dari sub ayat (a) diatas tidak terpenuhi sebahagian atau seluruhnya, maka segera setelah hal itu diketahui, palaksana diwajibkan menyelidiki sebab-sebab dari penyimpangan tersebut dan melaporkan hasilnya kepada Pengawas Ahli, disertai dengan usul-usul mengenai tindakan-tindakan perbaikan selanjutnya seperti perubahan campuran beton, perubahan cara pelaksanaan atau tindakan-tindakan pengamanan lainnya. Setelah disetujui oleh pengawas ahli, tindakan tersebut harus segera dilaksanakan pada pengecoran beton berikutnya. Dalam hal ini, mutu tersebut hanya dapat dianggap memenuhi syarat apabila syarat 4 dari sub ayat (a) diatas kemudian terpenuhi.
- b. Apabila syarat 4 dari sub ayat (a) diatas tidak terpenuhi, maka mutu beton tidak memenuhi syarat dan pengecoran beton segera harus dihentikan. Dalam hal ini tindakan-tindakan yang harus diambil selanjutnya ditentukan dalam pasal 4.8 PBI 1971.

Evaluasi dan Metode Persyaratan Penerimaan Mutu Beton Menurut Pedoman Beton 1989 (PB'89)

Evaluasi dan Penerimaan Beton

Evaluasi dan penerimaan beton secara jelas dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Jumlah Pengujian
 - a. Jumlah pengambilan contoh beton untuk uji kuat tekan dari setiap mutu beton yang dituang dalam satu hari harus diambil tidak kurang dalam satu kali pada setiap kali pengambilan contoh beton harus dibuat 2 buah *specimen*, seperti yang dinyatakan dalam pasal 4.7.1.4 PB'89 yang berbunyi, satu data hasil uji kuat tekan adalah hasil rata-rata dari uji tekan dua silinder yang dibuat dari contoh beton yang sama dan diuji pada umur pangujian yang ditetapkan untuk menentukan f_c' .
 - b. Dalam satu proyek bila jumlah total volume beton adalah sedemikian hingga jumlah pelaksanaan uji yang disyaratkan oleh pernyataan diatas hanya akan memberikan kurang dari lima hasil uji kuat tekan untuk setiap mutu beton, maka pengujian untuk setiap uji mutu beton harus dilakukan berdasarkan ketentuan yang diberikan dalam Tabel 1, penentuan jumlah pengambilan benda uji dan pengujian harus ditetapkan oleh tenaga ahli dengan mempertimbangkan sifat dengan pekerjaan beton tersebut

Tabel 1 Banyaknya pengambilan *specimen* uji dan pengujiannya (PB'89:24).

	Kelas I	Kelas II	Kelas III
	Benda uji dari suatu adukan dipilih acak yang mewakili suatu Volume rata-rata tidak lebih dari :		
Jumlah pembuatan benda uji	10 m ³ atau 10 adukan atau 2 truk drum	20 m ³ atau 20 adukan atau 5 truk drum	50 m ³ atau 50 adukan atau 10 truk drum
Jumlah maksimum dari beton yang dapat terkena penolakan akibat satiap suatu keputusan	30 m ³	60 m ³	150 m ³

- c. Bila volume total dari suatu mutu beton kurang dari 40 m³, maka pejabat dalam pertimbangannya didapat cukup petunjuk yang dapat memberikan bukti yang cukup memuaskan bahwa beton tersebut mampu memberikan kekuatan yang diharapkan.
 - d. Suatu data hasil uji kuat tekan adalah hasil rata-rata dari uji tekan dua silinder yang dibuat dari contoh beton yang sama dan diuji pada 28 hari atau pada umur pengujian yang ditetapkan untuk menentukan nilai f_c' .
2. *Specimen* Benda Uji yang Dirawat di Laboratorium
 - a. Pengambilan contoh dilakukan sesuai dengan ASTM C172 (*Method of Sampling Freshly Mixed Concrete*). Untuk curing dan pengujian masing-masing sesuai dengan ASTM 31 dan ASTM 39 untuk silinder. Bila benda uji berupa kubus ukuran 150 x 150 x 150 mm, maka harus sesuai dengan BS 1881 :Part 108:1983 (*Method for Sampling Test Cubes From Fresh Concrete*) dan diuji berdasarkan BS 1881: Part 116: 1983 (*Method for Determination of Compressive Stregth of Concrete Cubis*).
 - b. Tingkat kekuatan dari suatu mutu beton dikatakan dicapai dengan memuaskan bila persyaratan berikut ini terpenuhi.
 - 1) Nilai rata-rata dari semua pasangan hasil benda uji yang masing-masing terdiri dari empat hasil uji kuat tekan tidak kurang dari ($f_c' + 0,82s$).

- 2) Tidak satupun hasil uji tekan (rata-rata dari dua silinder) mempunyai nilai kecil dari $0,85f_c'$.
- c. Bila salah satu dari kedua syarat pada point (b) diatas tidak terpenuhi maka harus diambil langkah untuk meningkatkan rata-rata dari hasil uji kuat tekan berikutnya. Persyaratan pada pasal 4.7.4 tentang penyelidikan mengenai hasil uji dengan kekuatan tekan rendah yang harus diperhatikan bila persyaratan pada point b pada sub 2 diatas untuk tiap kelas kualitas produksi tidak dipenuhi.
3. Penyelidikan Hasil Benda Uji dengan Kekuatan Rendah
Bila ada hasil uji kuat tekan dari *specimen* laboratorium tidak memenuhi *point b* pada Sub 2 diatas, atau bila hasil kuat uji *specimen* lapangan, maka harus diambil langkah-langkah untuk memastikan bahwa kapasitas daya dukung beban struktur tidak membahayakan/dikorbankan (pasal 4.7.4.1). bila kemungkinan terjadinya suatu beton dengan kekuatan rendah telah dapat dipastikan dan diperhitungan menunjukkan bahwa kapasitas daya dukung beban mungkin telah berkurang secara mencolok, maka kemungkinan dilakukan suatu uji bor inti pada daerah yang diragukan. Dalam hal ini, harus diambil tiga buah setiap hasil uji tekan yang tak memenuhi point b pada sub 2 diatas, (pasal 4.7.4.1).
4. Kriteria Penerimaan Mutu Beton (Pasal 4.7.4.4)
Beton didalam daerah yang diwakili oleh hasil uji bor ini harus dianggap secara struktural cukup apabila :
 1. Rata-rata kekuatan tekan ketiga Specimen bor inti $\geq 0,85f_c'$ dan
 2. Tidak satupun dari hasil uji kuat tekan dari specimen bor inti $\geq 0,75f_c'$Bila persyaratan-persyaratan diatas tidak terpenuhi dan kemampuan struktur tetap diragukan, penanggungjawab yang berwenang boleh memerintah pelaksanaan uji beban seperti yang digariskan dalam BAB 20 PB'89, mengenai evaluasi Kekuatan dari Struktur yang telah berdiri.

Evaluasi dan Metode Persyaratan Penerimaan Mutu Beton Berdasarkan Standar Nasional Indonesia 2002 (SNI 03-2847-2002)

Kriteria penerimaan beton didasarkan pada filosofi bahwa Kuat tekan beton harus dirancang sehingga menghasilkan 2 syarat kuat tekan rata-rata ($f_c'_{r}$), yang ditentukan oleh SNI 03-2847 Pasal 7.3.2 dan juga harus memenuhi syarat-syarat keawetan dalam SNI 2847 Pasal 6. ditekankan bahwa kuat tekan rata-rata dari 3 pasang uji kuat tekan dari beton yang diproduksi harus selalu melampaui nilai kuat tekan karakteristik yang disyaratkan yaitu f_c' yang digunakan dalam desain struktur. Hal ini didasarkan pada konsep *probabilistik* dan dimaksudkan untuk menjamin cukup kuat tekan beton untuk struktur yang sedang dibangun. Nilai f_c' minimum yang digunakan pada bangunan sesuai metode ini tidak boleh kurang dari 17.5 Mpa. Ketentuan untuk menilai f_c' harus didasarkan atas uji kuat tekan silinder yang dibuat, dirawat dan diuji sebagaimana yang disebut dan disyaratkan pada SNI 03-2847-2002 pasal 7.6.3. penentuan nilai f_c' ini dilakukan pada pengujian beton yang telah berumur 28 hari (SNI 03-2847-2002).

Evaluasi dan Penerimaan Beton

Menurut Standar Nasional Indonesia 2002 (SNI 03-2847-2002) bahwa tingkat kuat tekan suatu kelas mutu beton dianggap memenuhi syarat bila dua kriteria berikut ini dipenuhi :

1. Setiap nilai rata-rata dari tiga uji tekan yang berurutan harus mempunyai nilai sama atau lebih besar dari f_c' .
2. Tidak ada nilai uji kuat tekan rata-rata dari 2 hasil uji contoh silinder yang diambil dari 1 (satu) adukan mempunyai nilai di bawah f_c' melebihi dari 3,5 Mpa ($f_c' - 3,5 \text{MPa}$).

Jika salah satu dari persyaratan di atas tidak terpenuhi, maka harus diambil langkah-langkah untuk meningkatkan pada hasil uji kuat tekan rata-rata pada pengecoran beton berikutnya. Khusus jika persyaratan (2) yaitu terdapat hasil uji kurang dari ($f_c' - 3,5$) Mpa tidak dipenuhi, maka selain memperbaiki adukan beton berikutnya, harus pula diambil langkah-langkah untuk memastikan bahwa kapasitas daya dukung struktur terhadap beban yang akan ditahan masih tidak membahayakan (Tjokrodinuljo, 2007).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dikelompokkan sebagai penelitian terapan. Hal tersebut disebabkan karena penelitian dilakukan bermaksud menerapkan, menguji, dan mengevaluasi dengan menggunakan beberapa metode persyaratan penerimaan mutu beton, baik beton struktur maupun nonstrukturil. Dari beberapa metode tersebut dapat diketahui metode perencanaan yang proporsional untuk diterapkan dilapangan.

Pengumpulan data dilakukan dengan dua metode yaitu metode random dan non random dengan uraian sebagai berikut:

1. Pengambilan data kuat tekan beton dan data *mix design* dilakukan dengan secara acak (*Simple Random Sampling*), yaitu pengambilan data yang dilakukan secara sengaja tanpa strata dan memberikan peluang yang sama pada setiap unsur (*elemen*) populasi. Teknik ini dipilih berdasarkan asumsi bahwa metode yang dipergunakan pada laboratorium formal bersifat standar atau homogen.
2. Pemilihan mutu kuat tekan beton dalam penelitian ini dilakukan secara non-acak (*Purposif Sampling*), yaitu pengambilan sampel secara sengaja dalam hal ini harus mengetahui apa kriteria dari sampel yang dipilih.

Data yang dipakai adalah dari hasil pemeriksaan benda uji Laboratorium Teknik Sipil UIR penelitian Irene, 2011 berupa data-data pengujian kuat tekan beton dan Mix Design, yang dijadikan sebagai data pengolahan dan analisis dalam penelitian ini. Dimana mutu beton yang digunakan atau dipilih sebagai data pembahasan adalah Mutu Beton K-275 atau $f_c' = 22,83$ Mpa, dengan jumlah benda uji 80 buah yang dibagi menjadi empat data yang masing-masing berjumlah 20 benda uji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Berikut ini adalah data-data hasil uji kuat tekan beton dengan mutu beton K-275 yang didapat dari hasil tes kubus di laboratorium. Dimana data tersebut diberi nama DATA I dengan mutu beton K-275. Untuk lebih jelas data-data tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Data I, Hasil Uji Kuat Tekan Beton Mutu (K-275)

Data I Mutu Beton (K-275)			
Umur Uji	Beban Maks	Kuat Tekan	
		Kg/cm ²	N/mm ²
3	385	174,5	17,5
3	380	172,3	17,2
3	400	181,3	18,1
3	400	181,3	18,1
7	520	235,7	23,6
7	500	226,7	22,7
7	510	231,2	23,1
7	515	233,5	23,3
14	610	276,5	27,7
14	620	281,1	28,1
14	625	283,3	28,3
14	615	278,8	27,9
21	630	285,6	28,6
21	635	287,9	28,8
21	635	287,9	28,8
21	640	290,1	29,0
28	660	299,2	29,9
28	645	292,4	29,2
28	640	290,1	29,0
28	650	294,7	29,5

Hasil Evaluasi Berdasarkan Persyaratan Penerimaan Mutu Beton

Hasil Analisis Berdasarkan Persyaratan PBI 1971

Dari hasil analisis, maka dapat diperoleh data statistik untuk menentukan nilai dari persyaratan PBI'71, adapun data-data statistik tersebut didapat sebagai berikut:

1. Kuat tekan karakteristik beton rencana σ'_{bk} : 275 kg/cm²
2. Kuat tekan beton rata-rata σ_{bm} : 322,5 kg/cm²
3. Standar Deviasi (s) : 28,1 kg/cm²
4. Kekuatan tekan beton karakteristik (σ_{bk}) : 276,5 kg/cm²

Tabel 3 Hasil Evaluasi kuat tekan kubus DATA I, mutu Beton (K-275) Berdasarkan Persyaratan Penerimaan Mutu Beton Menurut PBI'71

Jum	Kuat	Syara	Kuat Tekan	Syarat II	Selisih	Syarat III	Syarat IV
Lah	Tekan	t I	Rata-rata 4		Kuat	Syarat III	Syarat IV
Ben	Kubus	$\sigma_b' \geq \sigma_{bk}'$	Benda Uji	$\geq \sigma_{bk}' +$	Tekan	$\sigma_{maks} -$	Rata2 σ_b'
Da	(σ_b')	$\geq \{275\}$	Berpasangan	0,82Sr	Maks	σ_{min}	$\geq \sigma_{bk}' =$
Uji	28 hari	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	$\geq \{298\}$	Pengujian	$<4,3Sr$	$\sigma_{bm} -$
	Kg/cm ₂			(kg/cm ²)	4 Benda Uji	$<\{120,8\}$	$1,64s$
					(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(Kg/cm ²)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	363,6	√	-	-	-	√	√
2	358,9	√	-	-	-	√	√
3	377,8	√	-	-	-	√	√
4	377,8	√	369,5	√	-	√	√
5	336,8	√	362,8	√	6,7	√	√
6	323,8	√	354,0	√	8,8	√	√
7	330,3	√	342,2	√	11,9	√	√
8	333,5	√	331,1	√	11,1	√	√
9	314,2	√	325,5	√	5,6	√	√
10	319,4	√	324,4	√	1,1	√	√
11	322,0	√	322,3	√	2,1	√	√
12	316,8	√	318,1	√	4,2	√	√
13	297,5	√	313,9	√	4,2	√	√
14	299,9	√	309,0	√	4,9	√	√
15	299,9	√	303,5	√	5,5	√	√
16	302,2	√	299,9	√	3,6	√	√
17	299,2	√	300,3	√	-0,4	√	√
18	292,4	√	298,4	√	1,9	√	√
19	290,1	√	296,0	√	2,4	√	√
20	294,7	√	294,1	√	1,9	√	√

Hasil evaluasi persyaratan penerimaan mutu beton Tabel dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Kolom (1), setiap pengujian yang dilakukan dalam rangka pemeriksaan mutu beton haruslah didasarkan pada jumlah kubus uji sekurang-kurangnya 20 buah dan kubus tersebut diberi nomor secara berurutan.
2. Kolom (2), menunjukkan hasil uji 20 kuat tekan benda uji kubus (σ_b') pada umur 28 hari.
3. Kolom (3), menunjukkan hasil dari 20 kuat tekan benda uji kubus (σ_b') pada umur 28 hari lebih besar dari kekuatan karakteristik yang disyaratkan (σ_{bk}') 275 kg/cm², ini berarti seluruh benda uji memenuhi kriteria syarat nomor I menurut PBI'71.
4. Kolom (4), menunjukkan hasil dari 4 rata-rata kuat tekan benda uji kubus (σ_b').

5. Kolom (5), menunjukkan hasil dari 4 rata-rata kuat tekan benda uji kubus (σ_b') lebih besar dibandingkan dengan hasil dari : $(\sigma_{bk}' + 0,82s) = (275 + 0,82 \times 28,1) = 298 \text{ kg/cm}^2$, ini berarti seluruh benda uji memenuhi kriteria syarat nomor II menurut PBI'71.
6. Kolom (6), menunjukkan hasil dari selisih kuat tekan tertinggi dan terendah (maks-min) dari rata-rata 4 benda uji kubus (σ_b').
7. Kolom (7), menunjukkan hasil dari selisih kuat tekan tertinggi dan terendah dari $(4,3s) = (4,3 \times 28,1) = 120,8 \text{ kg/cm}^2$, ini berarti seluruh benda uji memenuhi kriteria syarat nomor III menurut PBI'71.
8. Kolom (8), menunjukkan hasil daei kuat tekan beton 20 benda uji lebih besar dari kuat tekan beton karakteristik $(\sigma_{bk}' = (\sigma_{bm} - 1,64s) = (322,5 - 1,64 \times 28,1) = 276,5 \text{ kg/cm}^2$, ini berarti seluruh benda uji memenuhi syarat nomor IV menurut PBI'71.

Jadi, untuk kuat tekan beton yang direncanakan dengan kuat tekan karakteristik (K-275) semuanya memenuhi 4 kriteria yang dipakai sebagai dasar menetapkan bahwa beton yang dianut memenuhi syarat berdasarkan Persyaratan penerimaan mutu beton menurut PBI'71.

Tabel 4 Hasil Evaluasi kuat tekan kubus, DATA II, mutu Beton (K-275) Berdasarkan Persyaratan Penerimaan Mutu Beton Menurut PBI'71

Jum	Kuat	Kuat Tekan	Selisih	Syarat III	Syarat IIV		
Lah	Tekan	Syarat I	Rata-rata 4	Syarat II	Tekan	Syarat III	Syarat IIV
Ben	Kubus	$\sigma_b' \geq \sigma_{bk}'$	Benda Uji	$\geq \sigma_{bk}' +$	Maks.	$\sigma_{maks} -$	Rata2 σ_b'
Da	(σ_b')	$\geq \{275\}$	Berpasangan	0,82Sr	Pengujian	Σmin	$\geq \sigma_{bk}' =$
Uji	28 hari	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	$\geq \{330,4\}$	4 Benda	$< 4,3Sr$	$\sigma_{bm} - 1,64s$
	Kg/cm ²			(kg/cm ²)	Uji	$< \{67,6\}$	$\geq 312,5$
					(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(Kg/cm ²)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	547,8	√	-	-	-	√	√
2	538,3	√	-	-	-	√	√
3	557,2	√	-	-	-	√	√
4	528,9	√	543,1	√	-	√	√
5	440,4	√	516,2	√	26,8	√	√
6	433,9	√	490,1	√	26,1	√	√
7	450,1	√	463,3	√	26,8	√	√
8	446,9	√	442,8	√	20,5	√	√
9	383,8	√	428,7	√	14,1	√	√
10	378,6	√	414,8	√	13,8	√	√
11	376,1	√	396,3	√	18,5	√	√
12	381,2	√	379,9	√	16,4	√	√
13	358,9	√	373,7	√	6,2	√	√
14	358,9	√	368,8	√	4,9	√	√
15	363,6	√	365,7	√	3,1	√	√
16	368,3	√	362,4	√	3,2	√	√

17	398,9	√	372,4	√	-10,0	√	√
18	385,3	√	379,1	√	-6,6	√	√
19	380,8	√	383,4	√	-4,3	√	√
20	389,9	√	388,7	√	-5,4	√	√

Hasil evaluasi persyaratan penerimaan mutu beton Tabel 4 dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Kolom (1), setiap pengujian yang dilakukan dalam rangka pemeriksaan mutu beton haruslah didasarkan pada jumlah kubus uji sekurang-kurangnya 20 buah dan kubus tersebut diberi nomor secara berurutan.
2. Kolom (2), menunjukkan hasil uji 20 kuat tekan benda uji kubus (σ_b') pada umur 28 hari.
3. Kolom (3), menunjukkan hasil dari 20 kuat tekan benda uji kubus (σ_b') pada umur 28 hari lebih besar dari kekuatan karakteristik yang disyaratkan (σ_{bk}') 275 kg/cm², ini berarti seluruh benda uji memenuhi kriteria syarat nomor I menurut PBI'71.
4. Kolom (4), menunjukkan hasil dari 4 rata-rata kuat tekan benda uji kubus (σ_b').
5. Kolom (5), menunjukkan hasil dari 4 rata-rata kuat tekan benda uji kubus (σ_b') lebih besar dibandingkan dengan hasil dari : ($\sigma_{bk}' + 0,82s$) = (275 + 0,82 x 67,6) = 330,4 kg/cm², ini berarti seluruh benda uji memenuhi kriteria syarat nomor II menurut PBI,71.
6. Kolom (6), menunjukkan hasil dari selisih kuat tekan tertinggi dan terendah (maks-min) dari rata-rata 4 benda uji kubus (σ_b').
7. Kolom (7), menunjukkan hasil dari selisih kuat tekan tertinggi dan terendah dari (4,3s) = (4,3 x 67,6) = 290,7 kg/cm², ini berarti seluruh benda uji memenuhi kriteria syarat nomor III menurut PBI'71.
8. Kolom (8), menunjukkan hasil daei kuat tekan beton 20 benda uji lebih besar dari kuat tekan beton karakteristik $\sigma_{bk}' = (\sigma_{bm} - 1,64s) = (423,4 - 1,64 x 67,6) = 312,5$ kg/cm², ini berarti seluruh benda uji memenuhi syarat nomor IV menurut PBI'71.

Jadi, untuk kuat tekan beton yang direncanakan dengan kuat tekan karakteristik (K-275) semuanya memenuhi 4 kriteria yang dipakai sebagai dasar menetapkan bahwa beton yang dianut memenuhi syarat berdasarkan Persyaratan penerimaan mutu beton menurut PBI'71.

Tabel 5 Hasil Evaluasi kuat tekan kubus DATA III, mutu Beton (K-275) Berdasarkan Persyaratan Penerimaan Mutu Beton Menurut PBI'71

Jum Lah Ben da uji	Kuat Tekan Kubus (σ_b') 28 hari Kg/cm ²	Syarat I $\sigma_b \geq \sigma_{bk}'$ $\geq \{275\}$ (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata 4 Benda Uji Berpasangan (kg/cm ²)	Syarat II $\geq \sigma_{bk}' +$ 0,82Sr $\geq \{309,9\}$ (kg/cm ²)	Selisih Kuat Tekan Maks. Pengujian 4 Benda Uji (kg/cm ²)	Syarat III $\sigma_{maks} -$ σ_{min} $< 4,3Sr$ $< \{42,6\}$ (kg/cm ²)	Syarat IV Rata2 σ_b' $\geq \sigma_{bk}' =$ $\sigma_{bm} - 1,64s$ $\geq 290,6$ (Kg/cm ²)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	434,4	√	-	-	-	√	√
2	439,2	√	-	-	-	√	√
3	443,9	√	-	-	-	√	√

Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton (Abdullah & Harmiyati)

4	453,3	√	442,7	√	-	√	√
5	340,0	√	419,1	√	23,6	√	√
6	346,5	√	395,9	√	23,2	√	√
7	343,2	√	370,8	√	25,2	√	√
8	336,8	√	341,6	√	29,1	√	√
9	352,9	√	344,8	√	-3,2	√	√
10	347,7	√	345,2	√	-0,3	√	√
11	340,0	√	344,3	√	0,8	√	√
12	337,4	√	344,5	√	-0,2	√	√
13	330,6	√	338,9	√	5,6	√	√
14	337,6	√	336,4	√	2,5	√	√
15	332,9	√	334,6	√	1,8	√	√
16	335,3	√	334,1	√	0,5	√	√
17	344,5	√	337,6	√	-3,5	√	√
18	337,7	√	337,6	√	0,0	√	√
19	340,0	√	339,4	√	-1,8	√	√
20	335,5	√	339,4	√	0,0	√	√

Hasil evaluasi persyaratan penerimaan mutu beton Tabel 5.9 dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Kolom (1), setiap pengujian yang dilakukan dalam rangka pemeriksaan mutu beton haruslah didasarkan pada jumlah kubus uji sekurang-kurangnya 20 buah dan kubus tersebut diberi nomor secara berurutan.
2. Kolom (2), menunjukkan hasil uji 20 kuat tekan benda uji kubus (σ_b') pada umur 28 hari.
3. Kolom (3), menunjukkan hasil dari 20 kuat tekan benda uji kubus (σ_b') pada umur 28 hari lebih besar dari kekuatan karakteristik yang disyaratkan (σ_{bk}') 275 kg/cm², ini berarti seluruh benda uji memenuhi kriteria syarat nomor I menurut PBI'71.
4. Kolom (4), menunjukkan hasil dari 4 rata-rata kuat tekan benda uji kubus (σ_b').
5. Kolom (5), menunjukkan hasil dari 4 rata-rata kuat tekan benda uji kubus (σ_b') lebih besar dibandingkan dengan hasil dari : ($\sigma_{bk}' + 0,82s$) = (275 + 0,82 x 42,6) = 309,9 kg/cm², ini berarti seluruh benda uji memenuhi kriteria syarat nomor II menurut PBI'71.
6. Kolom (6), menunjukkan hasil dari selisih kuat tekan tertinggi dan terendah (maks-min) dari rata-rata 4 benda uji kubus (σ_b').
7. Kolom (7), menunjukkan hasil dari selisih kuat tekan tertinggi dan terendah dari ($4,3s$) = (4,3 x 42,6) = 183,2 kg/cm², ini berarti seluruh benda uji memenuhi kriteria syarat nomor III menurut PBI'71.
8. Kolom (8), menunjukkan hasil dari kuat tekan beton 20 benda uji lebih besar dari kuat tekan beton karakteristik ($\sigma_{bk}' = (\sigma_{bm} - 1,64s)$) = (360,5 - 1,64 x 42,6) = 290,6 kg/cm², ini berarti seluruh benda uji memenuhi syarat nomor IV menurut PBI'71.

Jadi, untuk kuat tekan beton yang direncanakan dengan kuat tekan karakteristik (K-275) semuanya memenuhi 4 kriteria yang dipakai sebagai dasar menetapkan bahwa beton yang dianut memenuhi syarat berdasarkan Persyaratan penerimaan mutu beton menurut PBI'71.

Tabel 6 Hasil Evaluasi kuat tekan kubus DATA IV, mutu Beton (K-275) Berdasarkan Persyaratan Penerimaan Mutu Beton Menurut PBI'71.

Jum	Kuat	Kuat Tekan	Selisih Kuat	Syarat III	Syarat IV		
Lah	Tekan	Syarat I	Rata-rata 4	Syarat II	Tekan Maks.	Syarat III	Syarat IV
Ben	Kubus	$\sigma_b \geq \sigma_{bk}'$	Benda Uji	$\geq \sigma_{bk}' +$	Pengujian	$\sigma_{maks} -$	Rata2 σ_b'
da	(σ_b)	$\geq \{275\}$	Berpasangan	$0,82s_r$	4 Benda Uji	σ_{min}	$\geq \sigma_{bk}' =$
uji	28 hari	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	$\geq \{309,6\}$	(kg/cm ²)	$< \{42,5\}$	$\sigma_{bm} - 1,64s$
	Kg/cm ²			(kg/cm ²)		(kg/cm ²)	(Kg/cm ²)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	462,7	√	-	-	-	√	√
2	453,3	√	-	-	-	√	√
3	434,4	√	-	-	-	√	√
4	448,6	√	449,8	√	-	√	√
5	395,1	√	432,9	√	16,9	√	√
6	408,0	√	421,5	√	11,3	√	√
7	401,5	√	413,3	√	8,2	√	√
8	395,1	√	399,9	√	13,4	√	√
9	365,8	√	392,6	√	7,3	√	√
10	368,3	√	382,7	√	9,9	√	√
11	363,2	√	373,1	√	9,6	√	√
12	365,8	√	365,8	√	7,3	√	√
13	344,7	√	360,5	√	5,3	√	√
14	347,1	√	355,2	√	5,3	√	√
15	342,4	√	350,0	√	5,2	√	√
16	340,0	√	343,5	√	6,4	√	√
17	335,5	√	341,2	√	2,3	√	√
18	337,7	√	338,9	√	2,3	√	√
19	344,5	√	339,4	√	-0,5	√	√
20	340,0	√	339,4	√	0,0	√	√

Hasil evaluasi persyaratan penerimaan mutu beton Tabel 6 dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Kolom (1), setiap pengujian yang dilakukan dalam rangka pemeriksaan mutu beton haruslah didasarkan pada jumlah kubus uji sekurang-kurangnya 20 buah dan kubus tersebut diberi nomor secara berurutan.
2. Kolom (2), menunjukkan hasil uji 20 kuat tekan benda uji kubus (σ_b') pada umur 28 hari.
3. Kolom (3), menunjukkan hasil dari 20 kuat tekan benda uji kubus (σ_b') pada umur 28 hari lebih besar dari kekuatan karakteristik yang disyaratkan (σ_{bk}') 275 kg/cm², ini berarti seluruh benda uji memenuhi kriteria syarat nomor I menurut PBI'71.
4. Kolom (4), menunjukkan hasil dari 4 rata-rata kuat tekan benda uji kubus (σ_b').
5. Kolom (5), menunjukkan hasil dari 4 rata-rata kuat tekan benda uji kubus (σ_b') lebih besar dibandingkan dengan hasil dari : ($\sigma_{bk}' + 0,82s$) = (275 + 0,82 x 42,5) = 309,9 kg/cm², ini berarti seluruh benda uji memenuhi kriteria syarat nomor II menurut PBI,71.

6. Kolom (6), menunjukkan hasil dari selisih kuat tekan tertinggi dan terendah (maks-min) dari rata-rata 4 benda uji kubus (σ_b').
7. Kolom (7), menunjukkan hasil dari selisih kuat tekan tertinggi dan terendah dari $(4,3s) = (4,3 \times 42,5) = 182,8 \text{ kg/cm}^2$, ini berarti seluruh benda uji memenuhi kriteria syarat nomor III menurut PBI'71.
8. Kolom (8), menunjukkan hasil daei kuat tekan beton 20 benda uji lebih besar dari kuat tekan beton karakteristik ($\sigma_{bk}' = (\sigma_{bm} - 1,64s) = (379,7 - 1,64 \times 42,5) = 309,9 \text{ kg/cm}^2$, ini berarti seluruh benda uji memenuhi syarat nomor IV menurut PBI'71.

Jadi, untuk kuat tekan beton yang direncanakan dengan kuat tekan karakteristik (K-275) semuanya memenuhi 4 kriteria yang dipakai sebagai dasar menetapkan bahwa beton yang dianut memenuhi syarat berdasarkan Persyaratan penerimaan mutu beton menurut PBI'71.

Hasil Analisis Berdasarkan Persyaratan PB 1989

Tabel 7 Hasil Evaluasi kuat tekan silinder rata-rata 2 benda uji dan 4 benda uji Berpasangan untuk mutu Beton (K-275) Berdasarkan Persyaratan Penerimaan Mutu Beton Menurut PB'89 (DATA I).

Jumlah Benda Uji	Kuat Tekan Silinder (f_c') 28 hari (Mpa)	Rata-rata 2 Benda Uji Berpasangan (Mpa)	Syarat I $\geq 0,85 f_c'$ {19,41} (Mpa)	Rata-rata 4 Benda Uji Berpasangan (Mpa)	Syarat II $\geq f_c' + 0,82s$ {24,89} (Mpa)
1	30,18	-	√	-	√
2	29,79	29,98	√	-	√
3	31,36	30,57	√	-	√
4	31,36	31,36	√	30,67	√
5	27,95	29,65	√	30,11	√
6	26,88	27,41	√	29,38	√
7	27,41	27,14	√	28,40	√
8	27,68	27,55	√	27,48	√
9	26,08	26,88	√	27,01	√
10	26,51	26,30	√	26,92	√
11	26,72	26,62	√	26,75	√
12	26,30	26,51	√	26,40	√
13	24,69	25,49	√	26,06	√
14	24,89	24,79	√	25,65	√
15	24,89	24,89	√	25,19	√
16	25,08	24,99	√	24,89	√
17	24,83	24,96	√	24,92	√
18	24,27	24,55	√	24,77	X
19	24,08	24,18	√	24,57	X
20	24,46	24,27	√	24,41	X

Untuk menentukan nilai-nilai dari persyaratan yang ditetapkan oleh PB'89 seperti pada Tabel 7 diatas, maka diperlukan data-data statistik sebagai berikut :

1. Kuat tekan rencana (f_{ck}) : 27,5 N/mm² konversi ke silinder (f_c') : 22,83 Mpa
2. Standar deviasi (s) : 2,52 Mpa
3. Syarat I : $(0,85f_c')$: $(0,85 \times 22,83)$: 19,41 MPa
4. Syarat II : $(f_c' + 0,82.s)$: $(22,83 + 0,82 \times 2,52)$: 24,89 MPa

Dari hasil evaluasi Tabel 7 terlihat bahwa benda uji dengan nomor urut 1 sampai 20 untuk rata-rata 2 benda uji kuat tekan silinder berpasangan semuanya memenuhi syarat I. Sedangkan rata-rata 4 benda uji kuat tekan silinder berpasangan dari nomor urut 18 s/d 20 saja yang tidak memenuhi syarat II, artinya harus dilakukan pengujian lebih lanjut dengan cara melakukan perbaikan pada beton. Secara keseluruhan banyaknya benda uji yang tidak memenuhi syarat I sekitar $0/20 = 0\%$ dan untuk tidak memenuhi syarat II sekitar $3/20 = 15\%$. Sedangkan untuk yang memenuhi syarat I sekitar $20/20 = 100\%$ dan untuk yang memenuhi syarat II sekitar $17/20 = 85\%$. Sehingga kuat tekan beton yang direncanakan dengan kekuatan tekan rencana K-275 atau (f_c') = 22,83 Mpa secara keseluruhan yang tidak memenuhi syarat sekitar 7,5 % berdasarkan metode persyaratan PB'89.

Tabel 8. Hasil Evaluasi kuat tekan silinder rata-rata 2 benda uji dan 4 benda uji Berpasangan untuk mutu Beton (K-275) Berdasarkan Persyaratan Penerimaan Mutu Beton Menurut PB'89 (DATA II)

Jumlah Benda Uji	Kuat Tekan Silinder (f_c') 28 hari (Mpa)	Rata-rata 2 Benda Uji Berpasangan (Mpa)	Syarat I $\geq 0,85 f_c'$ {19,41} (Mpa)	Rata-rata 4 Benda Uji Berpasangan (Mpa)	Syarat II $\geq f_c' + 0,82s$ {27,80} (Mpa)
1	45,47	-	√	-	√
2	44,68	45,07	√	-	√
3	46,25	45,47	√	-	√
4	43,90	45,07	√	45,07	√
5	36,55	40,22	√	42,85	√
6	36,01	36,28	√	40,68	√
7	37,36	36,69	√	38,46	√
8	37,09	37,22	√	36,75	√
9	31,85	34,47	√	35,58	√
10	31,43	31,64	√	34,43	√
11	31,21	31,32	√	32,90	√
12	31,64	31,43	√	31,53	√
13	29,79	30,71	√	31,02	√
14	29,79	29,79	√	30,61	√
15	30,18	29,98	√	30,35	√
16	30,57	30,38	√	30,08	√
17	33,11	31,84	√	30,91	√
18	31,98	32,55	√	31,46	√
19	31,61	31,79	√	31,82	√
20	32,36	31,98	√	32,26	√

Untuk menentukan nilai-nilai dari persyaratan yang ditetapkan oleh PB'89 seperti pada Tabel 8 diatas, maka diperlukan data-data statistik sebagai berikut :

1. Kuat tekan rencana (f_{ck}) : 27,5 N/mm² konversi ke silinder (f_c') : 22,83 Mpa
2. Standar deviasi (s) : 6,06 Mpa
3. Syarat I : ($0,85f_c'$) : (0,85 x 22,83) : 19,41 MPa
4. Syarat II : ($f_c' + 0,82.s$) : (22,83 + 0,82x6,06) : 27,80 Mpa

Dari hasil evaluasi Tabel 8 terlihat bahwa benda uji dengan nomor urut 1 sampai 20 untuk rata-rata 2 benda uji kuat tekan silinder berpasangan semuanya memenuhi syarat I. Sedangkan rata-rata 4 benda uji kuat tekan silinder berpasangan dari nomor urut 1 s/d 20 semuanya memenuhi syarat II. Secara keseluruhan banyaknya benda uji yang tidak memenuhi syarat I sekitar 0/20 = 0% dan untuk yang tidak memenuhi syarat II sekitar 0/20 = 0%. Sedangkan untuk yang memenuhi syarat I sekitar 20/20 = 100% dan untuk yang memenuhi syarat II sekitar 20/20 = 100%. Sehingga kuat tekan beton yang direncanakan dengan kekuatan tekan rencana K-275 atau (f_c') = 22.83 MPa. Secara keseluruhan memenuhi syarat 100% berdasarkan persyaratan PB'89.

Tabel 9. Hasil Evaluasi kuat tekan silinder rata-rata 2 benda uji dan 4 benda uji Berpasangan untuk mutu Beton (K-275) Berdasarkan Persyaratan Penerimaan Mutu Beton Menurut PB'89 (DATA III).

Jumlah Benda Uji	Kuat Tekan Silinder (f_c') 28 hari (Mpa)	Rata-rata 2 Benda Uji Berpasangan (Mpa)	Syarat I $\geq 0,85 f_c'$ {19,41} (Mpa)	Rata-rata 4 Benda Uji Berpasangan (Mpa)	Syarat II $\geq f_c' + 0,82s$ {25,96} (Mpa)
1	36,06	-	√	-	√
2	36,45	36,25	√	-	√
3	36,84	36,65	√	-	√
4	37,63	37,23	√	36,74	√
5	28,22	32,92	√	34,79	√
6	28,76	28,49	√	32,86	√
7	28,49	28,62	√	30,77	√
8	27,95	28,22	√	28,35	√
9	29,29	28,62	√	28,62	√
10	28,86	29,08	√	28,65	√
11	28,22	28,54	√	28,58	√
12	28,01	28,11	√	28,59	√
13	27,44	27,72	√	28,13	√
14	28,02	27,73	√	27,92	√
15	27,63	27,83	√	27,77	√
16	27,83	27,73	√	27,73	√
17	28,60	28,21	√	28,02	√
18	28,03	28,31	√	28,02	√
19	28,22	28,13	√	28,17	√
20	27,84	28,03	√	28,17	√

Untuk menentukan nilai-nilai dari persyaratan yang ditetapkan oleh PB'89 seperti pada Tabel 9 diatas, maka diperlukan data-data statistik sebagai berikut :

1. Kuat tekan rencana (f_{ck}) : 27,5 N/mm² konversi ke silinder (f_c') : 22,83 Mpa
2. Standar deviasi (s) : 3,82 Mpa
3. Syarat I : ($0,85f_c'$) : (0,85 x 22,83) : 19,41 MPa
4. Syarat II : ($f_c' + 0,82.s$) : (22,83 + 0,82x3,82) : 25,96 Mpa

Dari hasil evaluasi Tabel 9 terlihat bahwa benda uji dengan nomor urut 1 sampai 20 untuk rata-rata 2 benda uji kuat tekan silinder berpasangan semuanya memenuhi syarat I. Sedangkan rata-rata 4 benda uji kuat tekan silinder berpasangan dari nomor urut 8 s/d 20 saja yang tidak memenuhi syarat II, artinya harus dilakukan pengujian lebih lanjut dengan cara melakukan perbaikan pada beton. Secara keseluruhan banyaknya benda uji yang tidak memenuhi syarat I sekitar 0/20 = 0% dan untuk tidak memenuhi syarat II sekitar 0/20 = 0%. Sedangkan untuk yang memenuhi syarat I sekitar 20/20 = 100% dan untuk yang memenuhi syarat II sekitar 20/20 = 100%. Sehingga kuat tekan beton yang direncanakan dengan kekuatan tekan rencana K-275 atau (f_{ck}) = 27,5 Mpa. Secara keseluruhan memenuhi syarat 100% berdasarkan persyaratan PB'89.

Tabel 10. Hasil Evaluasi kuat tekan silinder rata-rata 2 benda uji dan 4 benda uji Berpasangan untuk mutu Beton (K-275) Berdasarkan Persyaratan Penerimaan Mutu Beton Menurut PB'89 (DATA IV).

Jumlah Benda Uji	Kuat Tekan Silinder (f_c') 28 hari (Mpa)	Rata-rata 2 Benda Uji Berpasangan (Mpa)	Syarat I $\geq 0,85 f_c'$ {19,41} (Mpa)	Rata-rata 4 Benda Uji Berpasangan (Mpa)	Syarat II $\geq f_c' + 0,82s$ {25,95} (Mpa)
1	38,41	-	√	-	√
2	37,63	38,02	√	-	√
3	36,06	36,84	√	-	√
4	37,23	36,65	√	37,33	√
5	32,79	35,01	√	35,93	√
6	33,86	33,33	√	34,99	√
7	33,33	33,60	√	34,30	√
8	32,79	33,06	√	33,19	√
9	30,36	31,57	√	32,58	√
10	30,57	30,46	√	31,76	√
11	30,14	30,36	√	30,97	√
12	30,36	30,25	√	30,36	√
13	28,61	29,48	√	29,92	√
14	28,81	28,71	√	29,48	√
15	28,42	28,61	√	29,05	√
16	28,22	28,32	√	28,51	√
17	27,84	28,03	√	28,32	√
18	28,03	27,94	√	28,13	√
19	28,60	28,31	√	28,17	√
20	28,22	28,41	√	28,17	√

Untuk menentukan nilai-nilai dari persyaratan yang ditetapkan oleh PB'89 seperti pada Tabel 10, maka diperlukan data-data statistik sebagai berikut :

1. Kuat tekan rencana (f_{ck}) : 27,5 N/mm² konversi ke silinder (f_c') : 22,83 Mpa
2. Standar deviasi (s) : 3,81 Mpa
3. Syarat I : ($0,85f_c'$) : (0,85 x 22,83) : 19,41 MPa
4. Syarat II : ($f_c' + 0,82.s$) : (22,83 + 0,82x3,81) : 25,95 Mpa

Dari hasil evaluasi Tabel 10 terlihat bahwa benda uji dengan nomor urut 1 sampai 20 untuk rata-rata 2 benda uji kuat tekan silinder berpasangan semuanya memenuhi syarat I. Sedangkan rata-rata 4 benda uji kuat tekan silinder berpasangan dari nomor urut 1 s/d 20 semuanya memenuhi syarat II. Secara keseluruhan banyaknya benda uji yang tidak memenuhi syarat I sekitar 0/20 = 0% dan untuk yang tidak memenuhi syarat II sekitar 0/20 = 0%. Sedangkan untuk yang memenuhi syarat I sekitar 20/20 = 100% dan untuk yang memenuhi syarat II sekitar 20/20 = 100%. Sehingga kuat tekan beton yang direncanakan dengan kekuatan tekan rencana K-275 atau (f_{ck}) = 27,5 N/mm² atau MPa. Secara keseluruhan memenuhi syarat 100% berdasarkan persyaratan PB'89.

Hasil Analisis Berdasarkan Persyaratan SNI 03-2847-2002

Tabel 11. Hasil Evaluasi Kuat Tekan dan Kuat tekan Rata-rata 3 Silinder, Data I Mutu ($f_c' = 22,83$ MPa) berdasarkan Persyaratan SNI 03-2847-2002

Silinder Uji No.	Tgl Buat Benda Uji	Kelompok Komponen	Kuat Tekan Silinder 28 Hari			Rata2 Kuat Tekan 3 Silinder Berturut	Syarat Pasal 7.6.3.3	
			Sil. a	Sil. b	Rata - rata		Syarat (a)	Syarat (b)
1	05-Okt-10	A	30,18	29,79	29,99	-	-	OK
2	05-Okt-10	B	31,36	31,36	31,36	-	-	OK
3	07-Okt-10	C	27,97	26,88	27,43	29,59	OK	OK
4	07-Okt-10	D	27,41	27,68	27,55	28,78	OK	OK
5	11-Okt-10	E	26,08	26,51	26,30	27,09	OK	OK
6	11-Okt-10	F	26,72	26,30	26,51	26,78	OK	OK
7	14-Okt-10	G	24,69	24,89	24,79	25,87	OK	OK
8	14-Okt-10	H	24,89	25,08	24,99	25,43	OK	OK
9	19-Okt-10	I	24,83	24,27	24,55	24,78	OK	OK
10	19-Okt-10	J	24,08	24,46	24,27	24,60	OK	OK

Tabel 11 diatas menunjukkan bahwa pembuatan beton untuk konstruksi struktur beton yang mensyaratkan mutu $f_c' = 22,83$ MPa telah memenuhi syarat yang ditetapkan dalam SNI 2847-2002 Pasal 7.6.3.3, tidak satupun hasil uji tekan (rata-rata dari 2 silinder benda uji dan diuji pada umur 28 hari) berada dibawah ($f_c' - 3,5$) MPa = 19,33 MPa dan rata-rata dari kuat tekan 3 silinder uji berturut-turut bernilai di atas $f_c' = 22,83$ MPa. Jadi, berdasarkan 2 syarat penerimaan mutu beton yang ditetapkan oleh SNI 2847-2002 Pasal 7.6.3.3 diatas, 10 lokasi komponen struktur yang diwakili A s/d J seluruhnya memenuhi syarat yang ditetapkan oleh SNI 03-2847-2002.

Tabel 12 Hasil Evaluasi Kuat Tekan dan Kuat tekan Rata-rata 3 Silinder , Data II Mutu ($f_c' = 22,83$ MPa) berdasarkan Persyaratan SNI 03-2847-2002

Silinder Uji No.	Tgl Buat Benda Uji	Kelompok Komponen	Kuat Tekan Silinder 28 Hari			Rata2 Kuat Tekan 3 Silinder Berturut	Syarat Pasal 7.6.3.3	
			Sil. a	Sil. b	Rata – rata		Syarat (a)	Syarat (b)
1	05-Okt-10	K	45,47	44,68	45,08	-	-	OK
2	05-Okt-10	L	46,25	43,9	45,08	-	-	OK
3	07-Okt-10	M	36,55	36,01	36,28	42,14	OK	OK
4	07-Okt-10	N	37,36	37,09	37,23	39,53	OK	OK
5	11-Okt-10	O	31,85	31,43	31,64	35,05	OK	OK
6	11-Okt-10	P	31,21	31,64	31,43	33,43	OK	OK
7	14-Okt-10	Q	29,79	29,79	29,79	30,95	OK	OK
8	14-Okt-10	R	30,18	30,57	30,38	30,53	OK	OK
9	19-Okt-10	S	33,11	31,98	32,55	30,90	OK	OK
10	19-Okt-10	T	31,61	32,36	31,99	31,64	OK	OK

Tabel 12 diatas menunjukkan bahwa pembuatan beton untuk konstruksi struktur beton yang mensyaratkan mutu $f_c' = 22.83$ MPa telah memenuhi syarat yang ditetapkan dalam SNI 2847-2002 Pasal 7.6.3.3, tidak satupun hasil uji tekan (rata-rata dari 2 silinder benda uji dan diuji pada umur 28 hari) berada dibawah ($f_c' - 3,5$) MPa = 19,33 MPa dan rata-rata dari kuat tekan 3 silinder uji berturut-turut bernilai di atas $f_c' = 22,83$ MPa. Jadi, berdasarkan 2 syarat penerimaan mutu beton yang ditetapkan oleh SNI 2847-2002 Pasal 7.6.3.3 diatas, 10 lokasi komponen struktur yang diwakili K s/d T seluruhnya memenuhi syarat yang ditetapkan oleh SNI 03-2847-2002.

Tabel 13. Hasil Evaluasi Kuat Tekan dan Kuat tekan Rata-rata 3 Silinder, Data III Mutu ($f_c' = 22,83$ MPa) berdasarkan Persyaratan SNI 03-2847-2002

Silinder Uji No.	Tgl Buat Benda Uji	Kelompok Komponen	Kuat Tekan Silinder 28 Hari			Rata2 Kuat Tekan 3 Silinder Berturut	Syarat Pasal 7.6.3.3	
			Sil. a	Sil. b	Rata – rata		Syarat (a)	Syarat (b)
1	05-Okt-10	U	36,06	36,45	36,26	-	-	OK
2	05-Okt-10	V	36,84	37,63	37,24	-	-	OK
3	07-Okt-10	W	28,22	28,76	28,49	33,99	OK	OK
4	07-Okt-10	X	28,49	27,95	28,49	31,41	OK	OK
5	11-Okt-10	Y	29,29	28,86	29,29	28,76	OK	OK
6	11-Okt-10	Z	28,22	28,01	28,22	28,67	OK	OK
7	14-Okt-10	A1	27,44	28,02	27,44	28,32	OK	OK
8	14-Okt-10	B1	27,63	27,83	27,73	27,80	OK	OK
9	19-Okt-10	C1	28,60	28,03	28,32	27,83	OK	OK
10	19-Okt-10	D1	28,22	27,84	28,03	28,03	OK	OK

Tabel 13 diatas menunjukkan bahwa pembuatan beton untuk konstruksi struktur beton yang mensyaratkan mutu $f_c' = 22.83$ MPa telah memenuhi syarat yang ditetapkan dalam SNI 2847-2002 Pasal 7.6.3.3, tidak satupun hasil uji tekan (rata-rata

dari 2 silinder benda uji dan diuji pada umur 28 hari) berada dibawah ($f_c' - 3,5$) MPa = 19,33 MPa dan rata-rata dari kuat tekan 3 silinder uji berturut-turut bernilai di atas $f_c' = 22,83$ MPa. Jadi, berdasarkan 2 syarat penerimaan mutu beton yang ditetapkan oleh SNI 2847-2002 Pasal 7.6.3.3 diatas, 10 lokasi komponen struktur yang diwakili U s/d D1 seluruhnya memenuhi syarat yang ditetapkan oleh SNI 03-2847-2002.

Tabel 14. Hasil Evaluasi Kuat Tekan dan Kuat tekan Rata-rata 3 Silinder, Data IV Mutu ($f_c' = 22,83$ MPa) berdasarkan Persyaratan SNI 03-2847-2002

Silinder Uji No.	Tgl Buat Benda Uji	Kelompok Komponen	Kuat Tekan Silinder 28 Hari			Rata2 Kuat Tekan 3 Silinder Berturut	Syarat Pasal 7.6.3.3	
			Sil. a	Sil. b	Rata – rata		Syarat (a)	Syarat (b)
1	05-Okt-10	E1	38,41	37,63	38,02	-	-	OK
2	05-Okt-10	F1	36,06	37,23	36,65	-	-	OK
3	07-Okt-10	G1	32,79	33,86	33,33	36,00	OK	OK
4	07-Okt-10	H1	33,33	32,79	33,06	34,34	OK	OK
5	11-Okt-10	I1	30,36	30,57	30,47	32,28	OK	OK
6	11-Okt-10	J1	30,14	30,36	30,25	31,26	OK	OK
7	14-Okt-10	K1	28,61	28,81	28,71	29,81	OK	OK
8	14-Okt-10	L1	28,42	28,22	28,32	29,09	OK	OK
9	19-Okt-10	M1	27,84	28,03	27,94	28,32	OK	OK
10	19-Okt-10	N1	28,60	28,22	28,41	28,22	OK	OK

Tabel 14 diatas menunjukkan bahwa pembuatan beton untuk konstruksi struktur beton yang mensyaratkan mutu $f_c' = 22.83$ MPa telah memenuhi syarat yang ditetapkan dalam SNI 2847-2002 Pasal 7.6.3.3, tidak satupun hasil uji tekan (rata-rata dari 2 silinder benda uji dan diuji pada umur 28 hari) berada dibawah ($f_c' - 3,5$) MPa = 19,33 MPa dan rata-rata dari kuat tekan 3 silinder uji berturut-turut bernilai di atas $f_c' = 22,83$ MPa. Jadi, berdasarkan 2 syarat penerimaan mutu beton yang ditetapkan oleh SNI 2847-2002 Pasal 7.6.3.3 diatas, 10 lokasi komponen struktur yang diwakili E1 s/d N1 seluruhnya memenuhi syarat yang ditetapkan oleh SNI 03-2847-2002.

Hasil Analisis dan Perbandingan antara PBI'71, PB'89 dan SNI 03-2847-2002

Didalam analisis dan perbandingan ini peneliti membandingkan antara hasil evaluasi persyaratan penerimaan mutu beton berdasarkan PBI'71, PB'89 dan SNI 2847-2002, dimana hasil dari perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15 Hasil analisis dan Perbandingan Kuat Tekan Beton antara PBI'71, PB'89 dan SNI 03-2847-2002

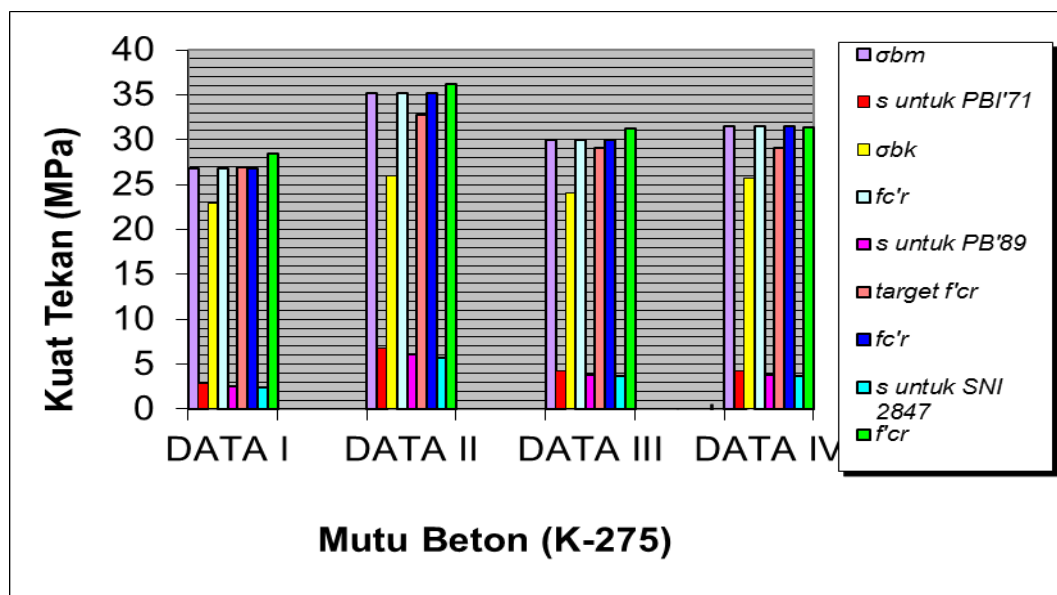
Jenis Data	Hasil Analisis PBI'71		Hasil Analisis PB'89			Hasil Analisis SNI 2002			
	σ_{bm} (MPa)	s (MPa)	σ_{bk} (MPa)	$f'_{c'r}$ (MPa)	s (MPa)	Target f'_{cr} (MPa)	$f'_{c'r}$ (MPa)	s (MPa)	f'_{cr} (MPa)
DATA I (K-275)	26,77	2,81	22,95	26,77	2,52	26,96	26,77	2,39	28,40
DATA II (K-275)	35,14	6,76	25,94	35,14	6,06	32,77	35,14	5,75	36,23
DATA III (K-275)	29,92	4,26	24,12	29,92	3,82	29,10	29,95	3,62	31,26
DATA IV (K-275)	31,52	4,25	25,72	31,51	3,81	29,08	31,51	3,65	31,33

Dari hasil perbandingan analisis antara Peraturan PBI'71, PB'89 dan SNI 03-2847-2002 Tabel 15 dapat dijelaskan bahwa :

1. Rata-rata dari kuat tekan beton DATA I mutu (K-275), setelah beton berumur 28 hari pada PBI'71 mendapatkan rata-rata kuat tekan benda uji dalam bentuk kubus (σ_{bm}) = 26,77 MPa, nilai deviasi standar (s) = 2,81 MPa dan kuat tekan beton karakteristik didapat sebesar (σ_{bk}) = 22,95 MPa, sedangkan pada PB'89 setelah umur 28 hari mendapatkan rata-rata kuat tekan beton benda uji dalam bentuk silinder ($f'_{c'r}$) = 26,77 MPa. Harga deviasi standar (s) = 2,52 MPa dan target kuat tekan rata-rata (f'_{cr}) = 26,96 MPa, sementara pada SNI 03-2847-2002 setelah umur 28 hari mendapatkan rata-rata kuat tekan beton benda uji dalam bentuk silinder ($f'_{c'r}$) = 26,77 MPa. Harga deviasi standar (s) = 2,39 dan kuat tekan rata-rata perlu (f'_{cr}) = 28,40 MPa, ini menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata beton yang diperoleh berdasarkan analisis PBI'71 lebih tinggi dibandingkan dengan PB'89 dan SNI 2847-2002. Selain itu, nilai deviasi standar yang dihasilkan berdasarkan analisis SNI 03-2847-2002 lebih kecil dibandingkan PBI'71 dan PB'89.
2. Untuk DATA II mutu (K-275) setelah beton berumur 28 hari pada PBI'71 mendapatkan rata-rata kuat tekan benda uji dalam bentuk kubus (σ_{bm}) = 35,15 MPa, nilai deviasi standar (s) = 6,76 MPa dan kuat tekan beton karakteristik didapat sebesar (σ_{bk}) = 25,94 MPa. Sementara pada PB'89 setelah umur 28 hari mendapatkan rata-rata kuat tekan beton benda uji dalam bentuk silinder ($f'_{c'r}$) = 35,14 MPa. Harga deviasi standar (s) = 6,06 dan target kuat tekan rata-rata (f'_{cr}) = 37,44 MPa. Sedangkan pada SNI 03-2847-2002 setelah umur 28 hari mendapatkan rata-rata kuat tekan beton benda uji dalam bentuk silinder ($f'_{c'r}$) = 35,14 MPa. Harga deviasi standar (s) = 5,75 dan kuat tekan rata-rata perlu (f'_{cr}) = 36,23 MPa, ini menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata beton yang diperoleh berdasarkan analisis PBI'71 sama besarnya dengan PB'89 dan SNI 03-2847-2002. Sedangkan nilai deviasi standar yang dihasilkan berdasarkan analisis SNI 03-2847-2002 lebih kecil dibandingkan PBI'71 dan PB'89.
3. Untuk DATA III mutu (K-275) setelah beton berumur 28 hari pada PBI'71 mendapatkan rata-rata kuat tekan benda uji dalam bentuk kubus (σ_{bm}) = 29,92 MPa, nilai deviasi standar (s) = 4,26 MPa dan kuat tekan beton karakteristik didapat sebesar (σ_{bk}) = 24,12 MPa, sementara pada PB'89 setelah umur 28 hari

mendapatkan rata-rata kuat tekan beton benda uji dalam bentuk silinder ($f_c' r$) = 29,92 MPa. Harga deviasi standar (s) = 3,82 MPa dan target kuat tekan rata-rata (f'_{cr}) = 29,10 MPa. sedangkan pada SNI 03-2847-2002 setelah umur 28 hari mendapatkan rata-rata kuat tekan beton benda uji dalam bentuk silinder ($f_c' r$) = 29,95 MPa. Harga deviasi standar (s) = 3,62 MPa dan kuat tekan rata-rata perlu (f'_{cr}) = 31,26 MPa, ini menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata beton yang diperoleh berdasarkan analisis PBI'71 sama besarnya dengan PB'89 dan SNI 03-2847-2002. Sedangkan nilai deviasi standar yang dihasilkan berdasarkan analisis SNI 03-2847-2002 lebih kecil dibandingkan PBI'71 dan PB'89.

4. Untuk DATA III mutu (K-275) setelah beton berumur 28 hari pada PBI'71 mendapatkan rata-rata kuat tekan benda uji dalam bentuk kubus (σ_{bm}) = 31,52 MPa, nilai deviasi standar (s) = 4,25 MPa dan kuat tekan beton karakteristik didapat sebesar (σ_{bk}) = 25,72 MPa. Sementara pada PB'89 setelah umur 28 hari mendapatkan rata-rata kuat tekan beton benda uji dalam bentuk silinder ($f_c' r$) = 31,51 MPa. Harga deviasi standar (s) = 3,81 MPa dan target kuat tekan rata-rata (f'_{cr}) = 29,08 MPa. Sedangkan pada SNI 03-2847-2002 setelah umur 28 hari mendapatkan rata-rata kuat tekan beton benda uji dalam bentuk silinder ($f_c' r$) = 31,51 MPa. Harga deviasi standar (s) = 3,65 MPa dan kuat tekan rata-rata perlu (f'_{cr}) = 31,33 MPa, ini menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata beton yang diperoleh berdasarkan analisis PBI'71 sama besarnya dengan PB'89 dan SNI 03-2847-2002.



Gambar 1 Hasil Analisis dan Perbandingan kuat tekan beton antara PBI'71, PB'89 dan SNI 03-2847-2002.

Dari Gambar 1 dapat dilihat perbedaan kuat tekan beton antara kuat tekan beton karakteristik beton analisis PBI'71, dengan kuat tekan rata-rata beton analisis PB'89 dan SNI 03-2847-2002, dimana kuat tekan rata-rata beton analisis SNI 03-2847-2002 memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan kuat tekan karakteristik beton analisis PBI'71 dan PB'89, hal ini terjadi hanya pada DATA III, selebihnya sama. Begitu juga dengan target kuat tekan rata-rata beton hasil analisis

SNI 03-2847-2002 jauh lebih tinggi dibandingkan target kuat tekan rata-rata beton hasil analisis PBI'71 dan analisis PB'89 mulai dari DATA I sampai dengan DATA IV. Nilai deviasi standar yang dihasilkan menurut persyaratan SNI 03-2847-2002 lebih kecil dibandingkan dengan deviasi standar yang dihasilkan oleh persyaratan PBI'71 dan PB'89 mulai dari DATA I sampai dengan DATA IV sehingga lebih ekonomis. Ini menunjukkan bahwa kontrol kualitas mutu beton hasil analisis SNI 03-2847-2002 jauh lebih baik daripada analisis PBI'71 dan PB'89. Makin besar nilai deviasi standar (s) akibat ketelitian yang rendah maka akan membawa tuntutan nilai kuat tekan rata-rata (f_c') yang makin besar pula.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Hasil Perbandingan Persyaratan Penerimaan Mutu beton antara PBI'71, PB'89 dan SNI 03-2847-2002 menunjukkan bahwa kekuatan tekan beton dengan kekuatan tekan rencana $K-275 \text{ Kg/cm}^2$ atau $f_c' = 22,83 \text{ Mpa}$ dari Data I s/d Data IV secara keseluruhan memenuhi syarat 100% berdasarkan Persyaratan PBI'71 dan SNI 03-2847-2002, namun adanya mutu beton yang tidak diterima oleh Persyaratan PB'89. Hal ini terjadi hanya pada DATA I, dimana terdapat sekitar 7,5 % yang tidak diterima oleh persyaratan PB'89.
2. Dari hasil analisis dan perbandingan ketiga metode persyaratan penerimaan mutu baton tersebut, SNI 03-2847-2002 yang lebih efektif untuk diterapkan dilapangan karena dari hasil evaluasi dan penerimaan semua data dinyatakan aman atau memenuhi syarat, dengan kata lain melebihi mutu beton yang direncanakan, yaitu $> f_c' = 22,83 \text{ Mpa}$. Selain itu, nilai deviasi standar yang dihasilkan berdasarkan analisis menurut persyaratan SNI 03-2847-2002 lebih kecil dibandingkan deviasi standar yang dihasilkan oleh persyaratan PBI'71 dan PB'89 sehingga lebih ekonomis. Makin besar nilai deviasi standar (s) akibat ketelitian yang rendah maka akan membawa tuntutan nilai kuat tekan rata-rata (f_c') yang makin besar pula. Makin besar f_c' berarti makin mahal per m^3 beton. Oleh karena itu, setiap kenaikan f_c' sebesar 1 Mpa akan membutuhkan tambahan PC sebanyak $\pm 6.09 \text{ kg}$ per m^3 beton.

Saran

Untuk mendapatkan mutu beton yang lebih ekonomis disarankan memakai peraturan SNI 03-2847-2002 sebagai acuan dalam evaluasi dan penerimaan mutu beton, karena SNI 03-2847-2002 ini memuat ketentuan-ketentuan mengenai bahan dan standar pengujian yang berlainan dengan PBI'71 dan PB'89.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, Pujo dan Purwono, Rachmat, 2010, *Pengendalian Mutu Beton Sesuai SNI, ACI, dan ASTM*, ITS Press, Surabaya.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1989, *Pedoman Beton 1989*, Bandung.
- , 2007, *Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2847-2002)*. ITS Press, Surabaya.
- Dipohusodo, 1991, *Struktur Beton Bertulang*, SK SNI-T-15-1991-03, Cetakan Pertama, Departemen Pekerjaan Umum RI, Jakarta.

- Mulyono, Tri, 2004, *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta.
- Nilson, 1993, *Perencanaan Struktur Bertulang*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Salmon, 1993, *Desain Beton Bertulang*, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
- Subakti, 1995, *Teknologi Beton Dalam Praktek*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik ITS, Surabaya.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono, 1997, *Teknologi Beton*, Cetakan Kedua, Penerbit Nafiri, Yogyakarta.
- Wangsadinata, Wiratman, 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*, Direktorat Jendral Cipta Karya, Bandung.