

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hasil penelitian

Pengujian kuat desak beton dilaksanakan di laboratorium bahan konstruksi teknik Universitas Islam Indonesia. Pengujian desak beton dilakukan dengan mesin uji desak "*control*" sampai kondisi beton uji rusak.

Dari hasil pengujian desak beton terhadap benda uji yang telah dibuat berupa silinder (diameter 15 cm, tinggi 30 cm), kubus sisi 15x15x15 cm, dan kubus sisi 10x10x10 cm, pada umur beton 3, 7, 28 hari, data hasil kuat desak dapat dilihat pada Lampiran D. Dari data hasil pengujian kuat desak pada Lampiran D, dilakukan pengolahan data atau analisis data, didapat kuat desak rata – rata ( $f'_{cr}$ ) yang dapat dilihat pada Lampiran E.

Dari hasil pengujian kuat desak benda uji silinder terdapat perbedaan kuat desak antara benda uji silinder tanpa *capping* dengan benda uji silinder yang mendapat perlakuan *capping*, analisis kuat desak benda uji silinder beton yang mendapat perlakuan *capping* dibandingkan benda uji silinder beton tanpa *capping* yang dapat dilihat pada Lampiran E pada Tabel E.1 sampai E.5. Analisis kuat desak benda uji kubus sisi 10x10x10 cm dibandingkan benda uji kubus sisi 15x15x15 cm dapat dilihat di Lampiran E pada Tabel E.6 sampai E.7.

## 5.2 Berat volume beton keras

Berat volume beton keras sangat tergantung dari komposisi material adukan beton yang direncanakan, yang merupakan perbandingan antara berat beton dengan volume beton.

Pencampuran bahan penyusun beton dilakukan agar diperoleh suatu komposisi yang kompak (padat) dari bahan penyusun berdasarkan rancangan campuran beton. Komposisi yang baik dari campuran diharapkan akan menghasilkan kepadatan tinggi yang dapat diketahui dari berat volume yang tinggi.

Pemadatan menentukan berat volume beton, pemadatan dimaksudkan untuk menghilangkan rongga – rongga udara yang terdapat dalam beton segar. Bertambahnya kandungan udara dalam beton akan menyebabkan kuat desak beton berkurang (Mulyono, 2003). Lebih lanjut Menurut Murdock dan Brook (1986) pada umumnya berat jenis beton yang lebih ringan akan diperoleh kekuatan yang rendah, kekuatan yang lebih besar dapat dicapai dengan mempergunakan campuran yang lebih “kaya” semen serta memadatkannya sampai berat jenis beton yang lebih besar.

Dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium didapat volume beton keras dan prosentase peningkatan maupun penurunan berat terhadap berat beton rencana dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1 Berat volume beton keras

Benda Uji	Berat Rata – Rata (Kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat Volume Beton Kering (Kg/m <sup>3</sup> )	f <sup>'</sup> cr (MPa)	Berat Beton Rencana (Kg/m <sup>3</sup> )	% Penurunan	% peningkatan
B28TC	12,12	5289	2299	25,53	2325	1,13	-
B28PS	12,52	5428	2306	27,09		0,82	-
B28GR	11,93	5661	2107	27,47		10,35	-
B28PB	12,16	5518	2203	28,74		5,54	-
B28BL	12,52	5231	2393	30,98		-	2,92

Dari Tabel 5.1 prosentase perbandingan berat beton B28TC mengalami penurunan berat sebesar 1,13 % terhadap berat beton rencana. Beton B28PS mengalami penurunan berat sebesar 0,82 % terhadap berat beton rencana. Beton B28GR mengalami penurunan berat sebesar 10,35 % terhadap berat beton rencana, perataan permukaan menggunakan gerenda menyebabkan tinggi silinder beton berkurang sehingga berat volume beton keras juga berkurang. Beton B28PB mengalami penurunan berat sebesar 5,54 % terhadap berat beton rencana. Sedangkan prosentase berat beton B28BL mengalami kenaikan sebesar 2,92 % terhadap berat beton rencana, peningkatan tersebut dimungkinkan oleh berat belerang. Berat beton yang ada sangat bervariasi, hal ini dikarenakan pengaruh proporsi campuran beton, pengaruh penggunaan bahan *capping*, dan proses pepadatan beton segar.

### 5.3 *Workability* / Kemudahan Pengerjaan

Menurut Mulyono (2003) kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari nilai *slump* yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Unsur – unsur yang mempengaruhi antara lain :

1. Jumlah air campuran.

Semakin banyak air semakin mudah untuk dikerjakan.

2. Kandungan semen.

Jika fas tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya pun akan semakin tinggi.

3. Gradasi campuran/kerikil.

Jika memenuhi syarat dan standar, akan lebih mudah untuk dikerjakan.

4. Bentuk butiran agregat kasar.

Agregat berbentuk bulat – bulat lebih mudah untuk dikerjakan.

5. Butiran maksimum.

6. Cara pemadatan dan alat pemadat.

Hasil pengerjaan sampel beton yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan fas yang tetap sesuai dengan *mix design*, didapat nilai *slump* yang beragam dengan interval antara 80 – 120 mm. Dengan interval dari nilai *slump* yang ada, pengerjaan adukan beton yang kami kerjakan dapat dilakukan dengan mudah baik pada saat pencampuran maupun pemadatan beton segar. Beton yang padat dan kuat diperoleh menggunakan air yang maksimal, konsisten dengan derajat *workability* yang memberikan kepadatan maksimal (Murdock dan Brook, 1986).

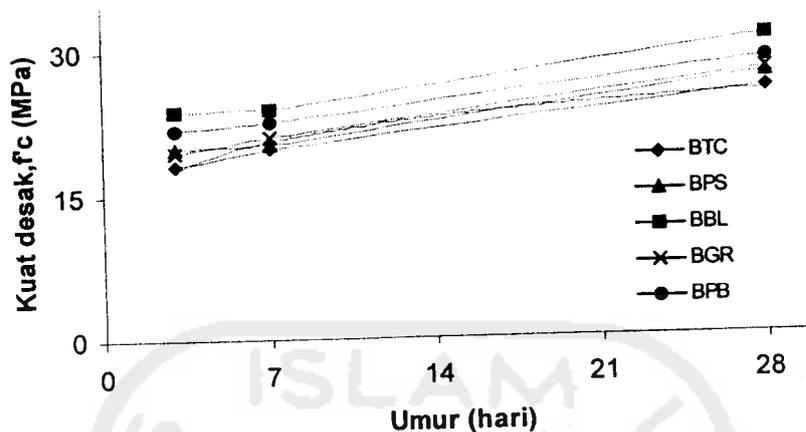
Nilai *slump* yang beragam dari setiap adukan beton disebabkan kondisi yg jelek dari mesin aduk beton (molen) dan kerucut abrams (molen dan kerucut Abrams dipenuhi kerak beton yang tebal) sehingga sulit dicapai homogenitas nilai *slump* rencana 100 mm, tetapi nilai *slump* yang didapat masih dalam batas toleransi nilai *slump* rencana ( $\pm 25$  mm). Nilai *slump* yang diperoleh sebesar 80 - 120 mm tidak terjadi *bleeding* maupun *segregation*, walaupun ada relatif kecil, menurut Ilham (2003) boleh diabaikan, karena pengaruh terhadap penurunan kuat desak beton tidak ada.

#### **5.4 Kuat Desak Beton**

Kuat desak beton yang direncanakan pada benda uji ini adalah 25 MPa. Berdasarkan data hasil pengujian kuat desak beton pada berbagai variasi bentuk dan ukuran benda uji dapat dilihat pada Lampiran E, Tabel E.1 sampai E.7.

##### **5.4.1 Pengaruh Umur Perawatan Beton Terhadap Kuat Desak Beton**

Umur perawatan beton sangat berpengaruh terhadap kuat desak beton. Perawatan dilakukan dengan merendam benda uji di dalam bak tampung selama 3, 7, 28 hari. Dari hasil penelitian yang dilakukan hubungan umur perawatan beton terhadap kuat desaknya disajikan pada Gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5.1 Grafik hubungan kuat desak beton terhadap umur benda uji silinder beton

Berdasarkan data penelitian yang disajikan pada Gambar 5.1 diketahui bahwa kuat desak beton BTC, beton BPS, beton BGR, beton BPB, dan beton BBL mengalami peningkatan kuat desak seiring dengan lamanya umur 3, 7, dan 28 hari. Benda uji silinder BTC pada umur 7 hari prosentase peningkatan kuat desaknya sebesar 9,93 % terhadap umur 3 hari, sedangkan peningkatan kuat desak umur 28 hari mencapai 40,89 %. Benda uji silinder BPS pada usia 7 hari prosentase peningkatan kuat desaknya sebesar 2,32 % terhadap umur 3 hari, sedangkan peningkatan kuat desak umur 28 hari mencapai 36,89 %. Benda uji BGR pada umur 7 hari prosentase peningkatannya sebesar 8,86 % terhadap umur 3 hari, sedangkan peningkatan kuat desak umur 28 hari mencapai 41,52 %. Benda uji BPB pada umur 7 hari prosentase peningkatannya sebesar 3,57 % terhadap umur 3 hari, sedangkan peningkatan kuat desak umur 28 hari mencapai 31,41 %. Benda uji BBL pada umur 7 hari prosentase peningkatannya sebesar 0,46 %

terhadap umur 3 hari, sedangkan peningkatan kuat desak umur 28 hari mencapai 30,17 %. Secara keseluruhan kuat desak yang dicapai pada umur beton mencapai 28 hari dapat dilihat pada Tabel 5.2.

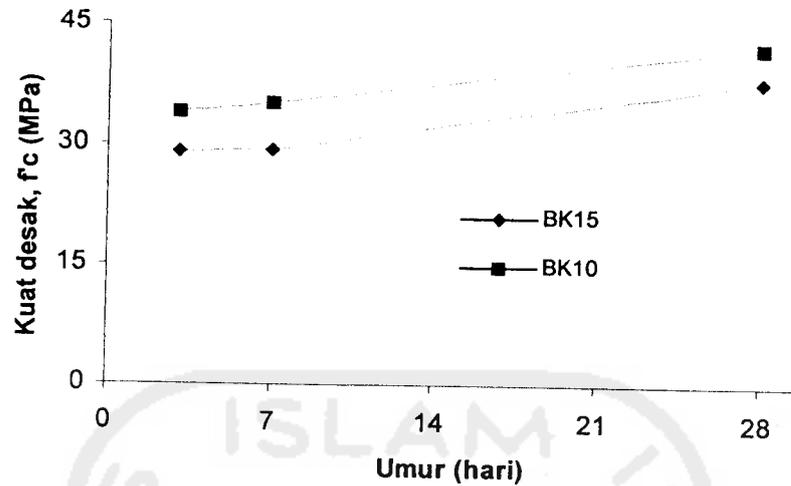
Peningkatan kuat desak beton akan meningkat sejalan dengan lamanya rawatan beton yang dilakukan. Hal ini dapat dijelaskan berdasarkan teori bahwa proses reaksi semen itu lambat dan membutuhkan lebih banyak air untuk melanjutkan proses hidrasi antara semen dan air, maka dengan penambahan air melalui perendaman akan melanjutkan proses hidrasi tersebut dan untuk menggantikan air yang hilang karena penguapan yang terjadi (Tjokrodimulyo, 1995).

Menurut Murdock dan Brook (1986) penguapan dapat menyebabkan suatu kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan proses hidrasi terhenti, dengan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Penguapan dapat menyebabkan penyusutan kering yang terlalu awal dan cepat, sehingga berakibat timbulnya tegangan tarik yang dapat menyebabkan retak, kecuali bila beton telah mencapai kekuatan yang cukup untuk menahan tegangan ini.

Tabel. 5.2 Prosentase peningkatan kuat desak beton terhadap umur 3 hari dan terhadap benda uji tanpa *Capping*.

Jenis <i>capping</i>	Kode	Usia beton (hari)	Kuat desak rata - rata, $f_{cr}$ (MPa)	Prosentase peningkatan terhadap usia 3 hari (%)	Prosentase peningkatan terhadap benda uji tanpa <i>capping</i> (%)
Tanpa <i>Capping</i>	B3TC	3	18.12	0.00	-
	B7TC	7	19.92	9.93	-
	B28TC	28	25.53	40.89	-
Pasta semen	B3PS	3	19.79	0.00	9.22
	B7PS	7	20.25	2.32	1.66
	B28PS	28	27.09	36.89	6.11
Gerenda	B3GR	3	19.41	0.00	7.12
	B7GR	7	21.13	8.86	6.07
	B28GR	28	27.47	41.52	7.60
Pelat baja	B3PB	3	21.87	0.00	20.70
	B7PB	7	22.65	3.57	13.70
	B28PB	28	28.74	31.41	12.57
Belerang	B3BL	3	23.08	0.00	27.37
	B7BL	7	23.91	0.46	20.03
	B28BL	28	30.98	30.17	21.35

Dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap benda uji kubus, lamanya umur perawatan beton berpengaruh terhadap kuat desak beton kubus tersebut. Hubungan kuat desak antara benda uji beton BK10, dan benda uji BK15 terhadap umur perawatan beton disajikan pada Gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5.2 Grafik hubungan kuat desak benda uji kubus terhadap umur beton.

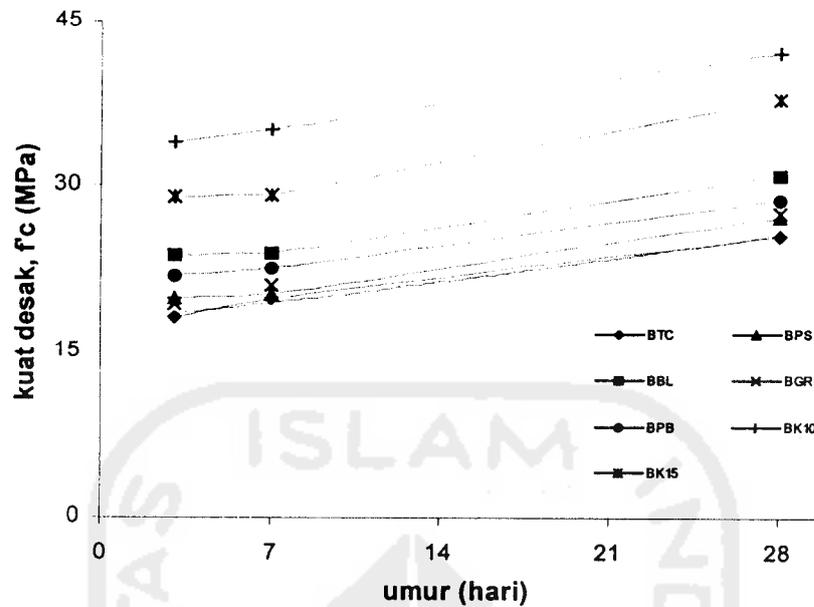
Dari Gambar 5.2 kuat desak beton BK10 dan beton BK15 mengalami peningkatan sejalan dengan lamanya umur perawatan beton 3, 7, dan 28 hari. Prosentase peningkatan kuat desak beton B7K15 sebesar 0,69 % terhadap B3K15, sedangkan B28K15 mengalami peningkatan sebesar 30,71 %. Prosentase peningkatan kuat desak beton B7K10 sebesar 3,20 % terhadap B3K10, sedangkan B28K10 peningkatannya sebesar 23,66 %. Peningkatan kuat desak paling tinggi dicapai pada umur beton mencapai 28 hari secara keseluruhan dapat di lihat pada Tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.3 Prosentase peningkatan kuat desak benda uji kubus.

Sampel	Umur beton (hari)	Kuat desak beton (MPa)	% peningkatan kuat desak terhadap usia 3 hari	% peningkatan kuat desak kubus kecil
BK15	3	28.98	0.00	-
	7	29.18	0.69	
	28	37.88	30.71	
BK10	3	34.03	0.00	11,08
	7	35.12	3.20	
	28	42.08	23.66	

Dari Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa nilai kuat desak beton BK10 yang dihasilkan lebih tinggi dari nilai kuat desak beton BK15. Prosentase peningkatan kuat desak kubus kecil sebesar 11,08 % terhadap kubus ukuran standar (dapat dilihat pada Tabel 5.3). Menurut Tjokrodimulyo (1992) kuat desak dipengaruhi oleh luas penampang benda uji. Hal ini sesuai yang didapat dari hasil pengujian kuat desak dengan luas penampang yang lebih kecil beton BK10 memiliki kuat desak lebih tinggi dibanding beton BK15, jadi ukuran benda uji sangat berpengaruh terhadap kekuatan desaknya.

Secara keseluruhan perbandingan kuat desak benda uji silinder dan benda uji kubus terhadap umur beton dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut ini.



Gambar 5.3 Grafik perbandingan kuat desak benda uji silinder dan kubus terhadap umur beton.

Perbedaan kekuatan desak silinder dan kubus dari penelitian yang dilakukan jika dibandingkan dengan prediksi menggunakan Persamaan 3.2 dan 3.3 dapat dilihat pada Tabel 5.4 di bawah ini.

Tabel 5.4 Kekuatan desak beton konversi silinder dan kubus

Bentuk sampel	Persamaan prediksi	Kuat desak hasil uji (MPa)	Konversi kuat desak (MPa)	Prosentase selisih kuat desak (%)	
				peningkatan	penurunan
Kubus	Persamaan 3.2	37,88	34,39	10,14	-
Silinder	Persamaan 3.1	30,98	31,84	-	2,77
	Persamaan 3.3	30,98	34,63	-	11,78
	BS. 1881 = $\frac{f'ck}{1,25}$	30,98	30,3	2,24	-

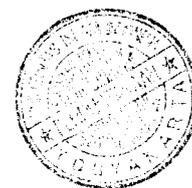
Pada Tabel 5.4 dapat dilihat hasil konversi kuat desak silinder persamaan 3.1 (PBI, 1981) didapat selisih kuat desak hasil uji lebih kecil dari nilai konversi kuat desak sebesar 2,77 %. Dari persamaan 3.2 dan 3.3 (Day, 1995) selisih kuat desak benda uji kubus lebih besar dari nilai konversi sebesar 10,14 %, untuk benda uji silinder selisih kuat desak lebih kecil dari nilai konversi sebesar 11,78 %. Sedangkan nilai konversi kuat desak silinder (BS, 1881) lebih kecil dari kuat desak hasil uji sebesar 2,24 %. Secara keseluruhan dari hasil penelitian terhadap benda uji silinder dan kubus, kuat desak yang dihasilkan masih memiliki selisih yang kecil jika dibandingkan dengan hasil nilai konversi kuat desak benda uji silinder maupun kubus.

#### **5.4.2 Pengaruh *capping*/perataan pada permukaan silinder beton**

Kehalusan permukaan silinder beton berpengaruh terhadap kekuatan desak beton. Pada penelitian ini dilakukan metode *capping* atau perataan permukaan silinder dengan menggunakan pasta semen, gerenda, belerang, dan pelat baja. Dengan dilakukannya *capping* terhadap permukaan benda uji silinder dihasilkan peningkatan kekuatan desak benda uji beton silinder. Pengaruh *capping* beton silinder dapat diketahui dari prosentase peningkatan kuat desak beton silinder tanpa *capping*. Dari Tabel 5.2 diketahui prosentase peningkatan kekuatan desak beton B3PS sebesar 9,22 % terhadap beton B3TC, pada umur 7 hari prosentase peningkatannya sebesar 1,66 % terhadap beton B7TC, sedangkan pada umur 28 hari prosentase peningkatannya sebesar 6,11 % terhadap beton B28TC. Prosentase peningkatan kekuatan desak beton beton B3GR sebesar 7,12 % terhadap beton B3TC, pada umur 7 hari prosentase peningkatannya sebesar 6,07 % terhadap

beton B7TC, sedangkan pada umur 28 hari prosentase peningkatannya sebesar 7,60 % terhadap beton B28TC. Prosentase peningkatan kekuatan desak beton B3PB sebesar 20,70 % terhadap beton B3TC, pada umur 7 hari prosentase peningkatannya sebesar 13,70 % terhadap beton B7TC, sedangkan pada umur 28 hari prosentase peningkatannya sebesar 12,57 % terhadap beton B28TC. Prosentase peningkatan kekuatan desak beton B3BL sebesar 27,37 % terhadap beton B3TC, pada umur 7 hari prosentase peningkatannya sebesar 20,03 % terhadap beton B7TC, sedangkan pada umur 28 hari prosentase peningkatannya sebesar 21,35 % terhadap beton B28TC.

Kuat desak beton silinder dipengaruhi oleh tingkat kehalusan permukaan benda uji, hal ini dapat dijelaskan dengan teori bahwa disamping kualitas bahan penyusunnya, kualitas pelaksanaan pun menjadi penting terhadap kekuatan beton. Proses pengecoran bagian permukaan beton uji silinder biasanya permukaan ujung yang cembung menghasilkan pengurangan kekuatan dibandingkan permukaan yang cekung (Neville, 1994). Beton B28BL memiliki kuat desak paling tinggi dengan prosentase peningkatan kuat desak sebesar 21,35 % terhadap beton B28TC. Perbandingan kuat desak pengaruh *capping* silinder terhadap BK15 dengan terlebih dahulu mengkonversi nilai kubus kedalam silinder menggunakan rumus 3.1, dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut ini.



Tabel 5.5 Prosentase selisih kuat desak kubus dan silinder pengaruh *Capping*

Benda uji	Kuat Desak Kubus (MPa)	Kuat Desak Silinder (MPa)	Selisih Kuat Desak Terhadap Kubus (%)
B28K15	37,88	31,82	-
B28PS	-	27,09	14,86
B28GR	-	27,47	13,67
B28PB	-	28,74	9,67
B28BL	-	30,98	2,63

Dari Tabel 5.5 di atas diketahui selisih kuat desak antara kubus dan silinder pengaruh *capping* antara 2,63 – 14,86 %. *Capping* yang dilakukan pada benda uji silinder berpengaruh terhadap penambahan kekuatan desak benda uji silinder, prosentase peningkatan kuat desak silinder dengan *capping* terhadap silinder tanpa *capping* dapat dilihat pada Tabel 5.2. Kecilnya selisih kuat desak antara silinder dan kubus yang terjadi pengaruh dari *Capping* benda uji silinder menggunakan belerang (B28BL), karena permukaan yang diperoleh paling rata. Menurut Ilham (2003) pada penelitiannya terhadap beton mutu tinggi menyimpulkan bahwa perbedaan bentuk silinder dan kubus memiliki selisih kuat antara 1 – 2,5 %, kecilnya perbedaan ini diperkirakan pengaruh *Capping* pada benda uji silinder yang menghasilkan permukaan yang halus dan rata.

## 5.5 Pengaruh Dari Bentuk Sampel

### 5.5.1 Rasio Kubus Terhadap Silinder

Dari hasil perhitungan kuat desak antara benda uji BK10, BK15 dan benda uji silinder dapat ditentukan nilai rasio dari benda uji tersebut. Nilai rasio ini diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut.

$$Nr = \frac{f'_{cn.kubus}}{f'_{c.silinder}}$$

Dimana :  
 Nr = Nilai rasio  
 $f'_{cn}$  Kubus = Kuat desak beton ukuran benda uji (n), MPa  
 $f'_{c}$  Silinder = Kuat desak benda uji silinder, MPa

Adapun nilai perhitungan rasio antara beton B28K10 dengan beton B28TC seperti pada contoh berikut ini :

Diketahui :

$f'_{c}$ B28K10	=	42,08 MPa
$f'_{c}$ B28TC	=	25,53 MPa
Nr	=	$\frac{42,08}{25,53}$
	=	1,65

Nilai rasio mutu beton B28K10 dengan beton B28TC adalah 1,65 dimana hasil perhitungan nilai rasio mutu beton tersebut selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Rasio - Kubus Silinder.

Sampel		Kuat Desak (MPa)	Rasio Kubus Silinder
Kubus	B28K10	42.08	-
Silinder	B28TC	25.53	1,65
	B28PS	27.09	1,55
	B28GR	27.47	1,53
	B28PB	28.74	1,46
	B28BL	30.98	1,36
Kubus	B28K15	37.88	-
Silinder	B28TC	25.53	1,48
	B28PS	27.09	1,39
	B28GR	27.47	1,37
	B28PB	28.74	1,31
	B28BL	30.98	1,22

Pada Tabel 5.6 dapat dilihat bahwa rasio kubus silinder untuk beton BK10 adalah 1,36 – 1,65. Sedangkan untuk beton BK15 adalah 1,22 – 1,48. Menurut Day (1995) rasio kubus terhadap silinder (*cube/cylinder*) untuk semua kelas adalah 1,25, sedangkan menurut Britist Standart (BS.1881) dalam Day (1995) menyimpulkan bahwa rasio kubus - silinder antara 1,05 - 1,35.

Berdasarkan Tabel 5.6 dapat ditentukan nilai konversi kuat silinder terhadap kubus dengan menggunakan persamaan :

1. Konversi dari beton B28TC ke beton kubus B28K10

$$f'_{CU28K10} = 1,65 f'_{CUB28TC} \quad (5.1)$$

2. Konversi dari beton B28PS ke beton kubus B28K10  
 $f'_{cu28K10} = 1,55 f'_{CUB28PS}$  (5.2)
3. Konversi dari beton B28GR ke beton kubus B28K10  
 $f'_{cu28K10} = 1,53 f'_{CUB28GR}$  (5.3)
4. Konversi dari beton B28PB ke beton kubus B28K10  
 $f'_{Cu28K10} = 1,46 f'_{CUB28PB}$  (5.4)
5. Konversi dari beton B28BL ke beton kubus B28K10  
 $f'_{CU28K10} = 1,36 f'_{CUB28BL}$  (5.5)
6. Konversi dari beton B28TC ke beton kubus B28K15  
 $f'_{CU28K15} = 1,48 f'_{CUB28TC}$  (5.6)
7. Konversi dari beton B28PS ke beton kubus B28K15  
 $f'_{CU28K15} = 1,39 f'_{CUB28PS}$  (5.7)
8. Konversi dari beton B28GR ke beton kubus B28K15  
 $f'_{CU28K15} = 1,37 f'_{CUB28GR}$  (5.8)
9. Konversi dari beton B28PB ke beton kubus B28K15  
 $f'_{CU28K15} = 1,31 f'_{CUB28PB}$  (5.9)
10. Konversi dari beton B28BL ke beton kubus B28K15  
 $f'_{CU28K15} = 1,22 f'_{CUB28BL}$  (5.10)

### 5.5.2 Rasio beton BK10 Terhadap beton BK15

Dari hasil pengujian benda uji kubus B28K10 diperoleh kuat desak sebesar 42,08 MPa, dan benda uji kubus B28K15 sebesar 37,88 MPa. Nilai rasio kedua benda uji tersebut diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut:

$$N_r = \frac{f'c_{Kk}}{f'c_{Kb}}$$

Dimana :

$N_r$  = Nilai rasio

$f'c_{Kb}$  = Kuat desak beton BK15, MPa

$f'c_{Kk}$  = Kuat desak beton BK10, MPa.

$$N_r = \frac{42,08}{37,88}$$

$$= 1,11$$

Jadi untuk mengkonversi benda uji kubus B28K15 ke benda uji kubus B28K10 dapat dipakai persamaan :

$$f'_{CUB28K10} = 1,11 f'_{CUB28K15} \quad (5.11)$$