HUBUNGAN KUAT TEKAN BETON ANTARA HASIL UJI TEKAN KUBUS DAN UJI TEKAN SILINDER PADA BETON DENGAN AGREGAT PULAU TIMOR

I Gusti Ngurah Eka Partama¹⁾, Rani Hendrikus²⁾, Amandus H. W. Galus³⁾

E-mail : epartama@gmail.com¹⁾, rani.hendrikus@gmail.com²⁾, wantogalus@yahoo.com³⁾

¹⁾Prodi Teknik Sipil UNR Denpasar, ²⁾Prodi Teknik Sipil UNWIRA Kupang, ³⁾Alumni Prodi Teknik Sipil UNWIRA Kupang

Abstrak

Benda uji silinder atau kubus diperlukan untuk menentukan kuat tekan beton. Benda uji kubus berdimensi 15cmx15cmx15cm sedangkan bentuk silinder berdimensi 15cmx30cm. Ketersediaan cetakan benda uji silinder di lapangan sering tidak terpenuhi karena persediaan yang terbatas dan memaksa seorang tenaga supervisi mengizinkan menggunakan cetakan benda uji kubus untuk menguji mutu beton yang sedang dikerjakan. Sesuai PBI 1971 untuk melakukan konversi kuat tekan beton berdasarkan benda uji kubus sehingga setara dengan kuat tekan beton dengan benda uji silinder dikalikan faktor 0.83 atau menggunakan formula $f'_c = (0,76 + 0,2 \log(f'_{ck}/15)) \cdot f'_{ck}$ (Nugraha, et al, 2007 dan Mulyono, 2003). Agregat alam berupa pasir dan krikil di Pulau Timor alam merupakan batuan endapan bukan merupakan material hasil erupsi gunung api sehingga karakteristiknya berbeda. Kajian dilakukan untuk mengevaluasi faktor konversi 0,83 dan formula $f'_c = (0,76 + 0,2 \log(f'_{ck}/15)) \cdot f'_{ck}$ pada beton dengan agregat Pulau Timor. Penelitian dilakukan dengan benda uji beton dengan agregat Quarry Takari di Pulau Timor, berjumlah 30 buah terdiri dari 15 buah berbentuk silinder dan 15 buah berbentuk kubus. Masing-masing mutu beton disiapkan 3 benda uji yaitu untuk mutu K-175, K-200, K-225, K-250 dan K-300. Setelah benda uji dirawat selama 28 hari di laboratorium kemudian dilakukan uji kuat tekan. Hasil ratio rata-rata hubungan kuat tekan benda uji kubus dan silinder beton dengan agregat Pulau Timor sebesar 0.83 dan dalam fungsi regresi linear dengan persamaan $f'_c = 0,822 f'_{ck} + 0,312$, dimana f'_c dan f'_{ck} dalam MPa dengan nilai slump 30-60 mm dengan Koefisien korelasi (r) = 0.905 dan koefisien determinasi (r^2) = 0.819, menunjukkan 81,90% nilai kuat tekan beton f'_c dapat ditentukan berdasarkan hasil pengujian benda uji kubus dan 18,10% ditentukan faktor lain. Rata-rata faktor konversi hasil penelitian sebesar 0,83 sama dengan yang dicantumkan dalam PBI 1971 dan formula konversi hasil penelitian : $f'_c = 0,822 f'_{ck} + 0,312$ menunjukkan rerata perbedaan absolut sebesar 0,82 MPa atau 3,17% dengan formula $f'_c = (0,76 + 0,2 \log(f'_{ck}/15)) \cdot f'_{ck}$.

Kata kunci : kuat tekan, kubus, silinder, agregat, Pulau Timor

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan benda uji kubus sangat umum digunakan untuk menentukan kuat tekan beton sesuai standar Peraturan Beton Bertulang Indonesia Tahun 1955 (PBI 1955) dan Peraturan Beton Bertulang Indonesia Tahun 1971 (PBI 1971). Setelah diterbitkannya Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SK SNI T-15-1991-03 dan SNI-03-2847-2002) kuat tekan rencana dinyatakan dengan notasi f'_c dengan benda uji silinder.

Benda uji silinder atau benda uji kubus diperlukan untuk menentukan kuat tekan beton. Benda uji kubus berdimensi 15cmx15cmx15cm sedangkan bentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30

cm. Ketersediaan cetakan benda uji silinder di lapangan terkadang sulit terpenuhi karena persediaan yang terbatas dan memaksa seorang tenaga supervisi mengizinkan menggunakan cetakan benda uji kubus untuk menguji mutu beton yang sedang dikerjakan. Sesuai PBI 1971 untuk melakukan konversi kuat tekan beton berdasarkan benda uji kubus sehingga setara dengan kuat tekan beton dengan benda uji silinder dikalikan faktor 0.83 atau mengkonversi menggunakan formula $f'_c = (0,76 + 0,2 \log(f'_{ck}/15)) \cdot f'_{ck}$ (Nugraha, *et al*, 2007 dan Mulyono, 2003)

Agregat alam berupa pasir dan krikil di Pulau Timor alam merupakan batuan endapan bukan merupakan material hasil erupsi gunung api sehingga karakteristiknya berbeda. Perbedaan karakteristik tersebut berpengaruh pada mutu beton, sehingga perlu dilakukan kajian apakah faktor konversi 0,83 dan formula $f'_c = (0,76 + 0,2 \log(f'_{ck}/15)) \cdot f'_{ck}$ sama atau berbeda jika menggunakan agregat Pulau Timor.

1.1 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah : bagaimana hubungan kuat tekan beton antara hasil uji tekan kubus dan uji tekan silinder untuk beton menggunakan agregat Pulau Timor?

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan hubungan kuat tekan beton antara hasil uji tekan kubus dan uji tekan silinder untuk beton dengan agregat di Pulau Timor

1.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk melakukan konversi kuat tekan antara hasil kedua metode tersebut (hasil uji kubus dan uji silinder) untuk beton dengan agregat dari Pulau Timor.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi dalam lingkup dan pembahasannya sebagai berikut :

1. Agregat Pulau Timor terbatas dari Quarry Takari
2. Benda uji dibuat untuk mutu beton rencana K-175, K-200, K-225, K-250, K-300.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Penyusun Beton

Beton umumnya terdiri dari tiga bahan penyusun yaitu semen agregat dan air. Agregat merupakan material seperti pasir, kerikil dan batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu

media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidrolis atau adukan. Agregat secara umum menempati 70% - 80% dari volume beton.

2.1.1 Semen Portland (PC)

Semen Portland (PC) atau lebih dikenal dengan semen berfungsi sebagai pengikat agregat halus dan agregat kasar apabila tercampur dengan air. Selain itu, semen juga mampu mengisi rongga antara agregat tersebut.

Kadar kapur yang tinggi tetapi tidak berlebihan cenderung memperlambat pengikatan, tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi. Kekurangan zat kapur menghasilkan semen yang lemah, dan bilamana kurang sempurna pembakarannya, menyebabkan ikatan yang cepat (Mulyono, 2003).

Dalam semen pada dasarnya ada 4 senyawa penting, yaitu: Trikalsium Silikat (C_3S), Dikalsium Silikat (C_2S), Trikalsium Aluminat (C_3A) dan Tetrakalsium Aluminoforit (C_4AF). Senyawa C_3S dan C_2S merupakan senyawa penyusun utama dari semen dengan prosentase sekitar 70% - 80% yang menyebabkan semen bersifat sebagai perekat, selain itu senyawa ini juga berpengaruh terhadap pengerasan semen. Kadar C_3S yang lebih besar dari C_2S , umumnya menyebabkan semen menjadi cepat mengeras. Semen Portland yang cepat mengeras (*Rapid hardening cemen Portland*) mengandung kadar C_3S yang cukup tinggi, yaitu sekitar 60%.

Senyawa C_3A jika bercampur dengan air akan mengalami hidrasi sangat cepat disertai dengan pelepasan sejumlah panas dan kemudian hancur. Oleh karena itu senyawa ini tidak mempunyai sifat mengikat. Kandungan senyawa C_3A yang lebih besar dari 18% mengakibatkan semen menjadi tidak kekal bentuk karena sifatnya yang hancur, sehingga menjadikan semen mengembang pada waktu pengerasan. Senyawa yang keempat C_4AF senyawa yang memperlambat pengerasan jika kadarnya tinggi.

2.1.2 Agregat

Agregat berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang mengisi 70%-80% volume beton, sehingga sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton. Faktor yang mempengaruhi kekuatan agregat pada beton yaitu kekerasan agregat, kekasaran permukaan agregat dan gradasi agregat. Pada agregat dengan permukaan kasar akan terjadi ikatan yang baik antara pasta semen dengan agregat tersebut. Batu pecah yang memiliki permukaan yang lebih kasar daripada kerikil sehingga memberikan kuat tekan yang lebih tinggi pada beton (Tjokrodinuljo, 1996)

Berdasarkan berat jenis agregat dibedakan menjadi 3 yaitu : agregat normal berat jenisnya 2500-2700 kg/m³, agregat berat memiliki berat jenis 2800 kg/m³ atau lebih, agregat ringan memiliki berat jenis tidak melebihi 2000 kg/m³.

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butiran-butiran agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran-ukuran butirannya bervariasi maka volume pori akan menjadi kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori di antara butiran yang lebih besar, sehingga pori-pori menjadi sedikit dengan kata lain kemampuan tinggi (Tjokrodinuljo, 1996).

Dalam SNI 03-2834-2000 yang di adopsi dari *British Standard* gradasi agregat halus dibagi menjadi 4 yaitu menurut pasir halus (zone I), agak halus (zone II), agak kasar (zone III) dan kasar (zone IV, selengkapnya disajikan pada Tabel 2.1 dan gradasi agregat kasar sesuai Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Gradasi agregat halus

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV
10	100	100	100	100
4.8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2.4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1.2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0.6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0.3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0.15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Sumber: Mulyono, 2003

Tabel 2.2 Gradasi agregat kasar

Lubang ayakan	Persen berat yang lewat ayakan	
	Besar butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95 - 100	100
20	30 - 70	95 - 100
10	10 - 35	25 - 100
4.8	0 - 5	0 - 10

Sumber: Mulyono, 2003

Kadar air pada suatu agregat perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang diperlukan dalam campuran beton dan untuk mengetahui berat satuan agregat. Keadaan jenuh kering permukaan *Saturated Surface Dry* (SSD) pada agregat perlu diupayakan untuk mengkondisikan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak menambah atau mengurangi air dari pasta.

Agregat halus kandungan lumpurnya tidak boleh lebih dari 5 % (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm, jika lebih dari 5 % maka agregat harus dicuci. Pada agregat kasar kandungan lumpurnya tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering).

2.1.3 Air

Fungsi air pada campuran beton adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan serta sebagai pelicin antara campuran agregat dan semen agar mudah dikerjakan dengan tetap menjaga workabilitas.

Air diperlukan pada pembentukan semen yang berpengaruh terhadap sifat pengerjaan beton (*Workability*), Kekuatan, Susut dan keawetan beton. Air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 25% dari berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen (f.a.s) yang dipakai sulit jika kurang dari 35%. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan dipakai sebagai pelumas, tambahan air ini tidak terlalu banyak karena kekuatan beton menjadi rendah dan beton menjadi keropos. Kelebihan air ini di tuang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan terbentuk suatu selaput tipis (*laitance*). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah (Mulyono, 2003).

2.2 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas. Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder ataupun kubus pada umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum. Beban maksimum didapat dari pengujian dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*.

2.3 Benda Uji

Sebelum dilaksanakan pengecoran, bahan dasar pembentuk beton harus dalam kondisi selesai ditimbang dalam kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*). Selanjutnya masukkan agregat kasar, Agregat halus, semen dan air dan proses pengadukan dilaksanakan menggunakan molen, setelah bahan dasar

merata dalam adukan dilakukan pengukuran *workability* beton segar dengan alat kerucut Abrams. Dalam hal ini kontrol nilai *slump* harus dapat dibuktikan, apakah sudah memenuhi syarat sesuai dengan yang direncanakan. Setelah nilai *slump* tercapai, maka selanjutnya nilai adukan beton segar dapat dimasukkan kedalam cetakan benda uji yang berbentuk kubus dan silinder.

2.3.1 Benda Uji Kubus

Di Indonesia Peraturan Beton Bertulang Indonesia mulai dikenal pada Tahun 1955, namun pemakaiannya masih sangat terbatas, pedoman konstruksi Beton Bertulang Indonesia yang disusun oleh Ir. Sutami berhasil diterbitkan oleh Badan Penerbit Pekerjaan Umum Tahun 1956, namun penggunaannya juga terbatas pada lingkup pekerjaan umum. Peraturan tersebut kemudian diperbaharui menjadi Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971). Dalam peraturan beton ini kuat tekan beton untuk struktur bangunan ditentukan oleh benda uji kubus 15cmx15cmx15cm yang disimbolkan dengan inisial huruf K diikuti dengan nilai kuat tekan rencana dalam satuan kg/cm^2 . Dalam penelitian ini notasi kuat tekan berdasarkan benda uji kubus dinyatakan dengan f'_{ck} .

2.3.2 Benda Uji Silinder

Dengan berkembangnya teknologi dan penggunaan bahan baru dan juga permasalahan karena kondisi alam dan lingkungan, para ahli beton sepakat untuk memperbaharui PBI 1971 dengan Standar Tata Cara Penghitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, (SK SNI T-15-1991-03, SNI 03-2847-2002).

Dalam SK SNI T-15-1991-03 dan SNI 03-2847-2002 kekuatan material beton dinyatakan oleh kuat tekan benda uji berbentuk silinder dengan notasi f'_c dalam satuan Mega Pascal (MPa). Silinder standar berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang terbuat dari baja atau besi tuang. Benda uji silinder dibuat dengan cara yang sama dengan benda uji kubus.

2.4 Persamaan Regresi

Persamaan regresi adalah persamaan matematika yang memungkinkan membuat prediksi atau ekspektasi nilai suatu peubah terikat atas variasi nilai satu atau lebih nilai peubah bebas (Kurniawan, 2008). Regresi dikatakan linear apabila hubungan antara peubah bebas dan peubah tak bebas adalah linear, sedangkan apabila hubungan antara peubah bebas dan tak bebas tidak linear, maka regresi dikatakan regresi nonlinear. Hubungan antara peubah bebas dan peubah tak bebas dapat dikatakan linear apabila diagram pencar data dari peubah-peubah mendekati pola garis lurus.

Persamaan umum regresi linear sederhana adalah sebagai berikut :

$$Y = a + bX \quad (2.1)$$

Dimana :

Y = Subjek yang diprediksikan.

X = Subjek pada variable independen yang mempunyai nilai tertentu

Nilai a dan b dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut :

$$a = \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i)(\sum Y_i X_i)}{n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \quad (2.2)$$

$$b = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \quad (2.3)$$

Untuk melihat seberapa kuat hubungan antara variabel dependen dan independen dapat ditentukan berdasarkan koefisien korelasi (r). Secara umum Nilai r berkisar antara (+1) sampai (-1). Untuk melihat seberapa besar kontribusi keragaman variabel independent memberi pengaruh terhadap variabel dependen dinyatakan dengan koefisien Determinasi (R) = r².

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} \quad (2.4)$$

$$R = r^2 \quad (2.5)$$

3. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir penelitian adalah sebagai berikut :

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Pembuatan, Perawatan dan Pengujian Kuat Tekan Benda Uji

Pembuatan sampel atau benda uji berjumlah 30 buah dengan klasifikasi 15 buah benda uji kuat tekan silinder dan 15 buah benda uji kuat tekan kubus. Masing-masing mutu beton disiapkan 3 benda uji yaitu untuk mutu beton K-175, K-200, K-225, K-250 dan K-300. Perawatan benda uji dalam penelitian ini dilakukan dengan cara perendaman selama 28 hari di laboratorium setelahnya dilakukan uji kuat tekan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan studi eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum Pemerintah Provinsi Nusa Tenggara Timur.

4.1 Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan Nomor 200 untuk Agregat Halus dan Kasar

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar lumpur atau bagian butir agregat yang lebih kecil dari 75 mikron (0,075 mm) atau lolos saringan Nomor 200, dimana menurut SII.0052 untuk agregat halus nilai tidak boleh lebih dari 5% dan agregat kasar tidak boleh lebih dari 1% (Mulyono, 2003).

Hasil pemeriksaan agregat dalam penelitian ini mendapatkan nilai bagian yang lolos saringan Nomor 200 untuk agregat halus sebesar 4,8% dan agregat kasar 0,985%. Kedua hasil pemeriksaan ini menunjukkan bahwa kedua jenis agregat telah memenuhi syarat.

4.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air untuk agregat kasar menggunakan Standar SNI 03 – 1969 – 1990 dan untuk agregat halus menggunakan Standar SNI 03 – 1970 – 1990. Hasil pemeriksaan berat jenis (SSD) dan penyerapan air untuk agregat kasar masing-masing 2,656 dan 0,76%. Sedangkan agregat halus berat jenis (SSD) dan penyerapan airnya masing-masing 2,618 dan 2,57%.

4.3 Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar

Analisis saringan bertujuan untuk mengetahui distribusi butiran (gradasi) agregat agregat halus maupun agregat kasar sesuai Standar SNI 03 – 1968 – 1990. Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat kasar dan halus disajikan dengan grafik pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.

Gambar 4.1 Grafik hasil analisa saringan agregat kasar

Gambar 4.2 Grafik hasil analisa saringan agregat halus

Gradasi agregat halus tampak keluar dari batasan zone namun kondisi ini adalah kondisi paling mendekati dari 3 zone gradasi lainnya. Kondisi ini tetap dipakai untuk mempertahankan kondisi alami dari agregat tersebut.

4.4 Analisa Nilai Keausan Agregat Kasar

Pemeriksaan nilai keausan agregat kasar menggunakan standar SNI 03 – 2417– 1991 yaitu standar pengujian keausan agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui angka keausan yang dilakukan dengan membuat perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No. 12 (1,7 mm) terhadap berat semula yang dinyutkan dalam persen. Hasil pemeriksaan analisis keausan agregat kasar dalam penelitian ini didapat nilai keausan sebesar 28,92% sudah memenuhi syarat untuk mutu beton normal yang dibatasi tidak melebihi 40%.

4.5 Komposisi Campuran untuk Setiap Mutu Beton

Komposisi campuran dirancang menggunakan Standar SNI 03-2834-2000 yaitu Standar Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal. Komposisi campuran untuk 1 m³ setiap mutu beton disajikan pada Tabel 4.1 dengan nilai slump rencana sesuai Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Komposisi Untuk 1 m³

Komposisi	Satuan	Tipe K				
		K-175	K-200	K-225	K-250	K-300
Agregat Halus	kg	954.398	924.850	898.138	871.202	812.362
Agregat Kasar	kg	1091.069	1100.657	1112.853	1124.084	1137.295
Semen	kg	366.667	387.037	401.923	418.000	464.444
Air	kg	222.366	221.956	221.587	221.214	220.398

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 4.2 Nilai slump rencana

K-Rencana	Nilai <i>slump</i> (mm)
K-175	38
K-200	40
K-225	45
K-250	45
K-300	40

Sumber: Hasil Analisis

Benda uji dicetak 3 buah untuk setiap mutu beton dalam bentuk silinder dan dalam bentuk kubus. Setelah dilakukan pencetakan dan perawatan sampai umur benda uji 28 hari selanjutnya akan dilakukan uji kuat tekan.

4.6 Hasil Pengujian Kuat Beton pada Umur 28 Hari

Hasil pengujian kuat tekan untuk setiap mutu beton disajikan pada Tabel 4.3 dan untuk kebutuhan analisis dalam tabel disajikan rasio kuat tekan beton berdasarkan benda uji kubus dan silinder.

Hasil perhitungan menggunakan data hasil pengujian benda uji secara individual ratio f'_c/f'_{ck} bernilai 0,82 -0,93, berdasarkan rata-rata tiap mutu beton bernilai 0,76-0,87 dan berdasarkan rata-rata untuk seluruh mutu beton bernilai 0,83. Nilai ini sama dengan yang dicantumkan dalam PBI 1971.

4.5 Analisis Regresi

Analisis regresi dilakukan untuk mengetahui hubungan nilai kuat tekan benda uji silinder sebagai variabel terikat dan benda uji kubus sebagai variabel bebas dalam bentuk fungsi matematis. Dalam penelitian ini analisis regresi menggunakan analisis regresi linear sederhana (*Simple regression*) dengan data variabel bebas dan variabel terikat seperti pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Ratio kuat tekan berdasarkan benda uji kubus dan silinder umur 28 hari

Kode benda uji	Kuat tekan (MPa)				Rasio		
	Benda uji Silinder (f'_c)	Rerata permutu beton	Benda uji kubus (f'_{ck})	Rerata permutu beton	Setiap benda uji (f'_c/f'_{ck})	Rerata permutu beton	Rerata semua mutu beton
1. S-175	19,81	19,38	22,22	22,33	0,89	0,87	0,83
2. S-175	18,67		22,22		0,84		
3. S-175	20,09		22,44		0,90		
1. S-200	21,22	21,65	27,11	28,33	0,78	0,76	
2. S-200	21,79		28,22		0,77		
3. S-200	21,5		28,44		0,76		
1. S-225	22,92	22,78	29,56	28,12	0,78	0,81	
2. S-225	22,35		28,67		0,78		
3. S-225	23,2		27,56		0,84		
1. S-250	25,46	25,18	30,89	29,34	0,82	0,86	
2. S-250	25,46		29,56		0,86		
3. S-250	24,9		29,11		0,86		
1. S-300	28,86	27,16	31,11	31,26	0,93	0,84	
2. S-300	25,46		30,89		0,82		
3. S-300	27,16		31,78		0,85		

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 4.4 Nilai variabel bebas dan variabel terikat

Mutu Beton	Varibel bebas (Kuat tekan benda uji Kubus, f'_{ck}) (MPa)	Varibel terikat (Kuat tekan benda uji Silinder, f'_c) (MPa)
175	22,33	19,38
200	28,33	21,65
225	28,12	22,78
250	29,34	25,18
300	31,26	27,16

Sumber: Hasil Analisis

Persamaan regresi linear sederhana pada penelitian ini dalam persamaan matematis yang diharapkan mengikuti pola persamaan : $Y = a + bX$, dimana $Y = f'_c$ dan $X = f'_{ck}$. Nilai a dan b ditentukan berdasarkan formula sebagai berikut :

$$a = \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i)(\sum Y_i X_i)}{n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}; b = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}$$

Tabel 4.5 Tabel Menghitung Persamaan Regresi Linear

No	X_i	Y_i	$X_i Y_i$	X^2	Y^2
1	22,33	19,38	432,76	498,63	375,58
2	28,33	21,65	613,20	802,59	468,51
3	28,12	22,78	640,32	790,45	518,70
4	29,34	25,18	738,66	860,54	634,03
5	31,26	27,16	849,02	977,19	737,67
Σ	139,37	116,14	3273,95	3929,40	2734,49

Sumber: Hasil Analisis

$$a = \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i)(\sum Y_i X_i)}{n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} = \frac{(116,14)(3929,40) - (139,37)(3237,95)}{5(3929,40) - (139,37)^2} = 0,312$$

$$b = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} = \frac{5(3237,95) - (139,37)(116,14)}{5(3929,40) - (139,37)^2} = 0,822$$

Sehingga persamaan regresi yang didapat :

$Y = 0,312 + 0,822X$ atau $f'c = 0,312 + 0,822f'ck$; $f'c$ dan $f'ck$ dalam MPa dengan nilai r yaitu :

$$r = \left(\frac{b(n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i))}{(n(\sum Y_i^2) - (\sum Y_i)^2)} \right)^{1/2} = \left(\frac{0,822(5(3237,95) - (139,37)(116,14))}{(5(2734,49) - (116,14)^2)} \right)^{1/2} = 0,905$$

dan $R = r^2 = 0,905^2 = 0,819$

Koefisien korelasi (r) menyatakan kuatnya hubungan antara variabel dapat diketahui berdasarkan penyebaran titik-titik pertemuan antara dua variabel misalnya X dan Y yang digambarkan dalam diagram pencar (*scatterplot*). Koefisien korelasi (r) yang didapat 0.905, menunjukan hubungan antara kedua variabel sangat kuat. Sugiyono (2009) menyatakan nilai r antara 0.80–1,00 menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara kedua variabel. Koefisien determinasinya $R = r^2 = 0.819$ atau 81,90% mengindikasikan bahwa Nilai variabel terikat (kuat tekan beton berdasarkan benda uji silinder) dipengaruhi oleh 81,90% oleh nilai variabel bebas (kuat tekan beton berdasarkan benda uji kubus) dan 18,10% ditentukan oleh faktor lain.

Grafik regresi linear hubungan kuat tekan kubus dan silinder ditampilkan pada gambar 4.3.

Gambar 4.3 Grafik konversi kuat tekan beton benda uji kubus ke silinder

Dengan memasukkan nilai kuat tekan beton secara acak yang diasumsikan hasil uji benda uji kubus kedalam persamaan regresi linear hasil analisis hasil penelitian $f'c = 0.822f'ck + 0.312$ dan formula konversi $f'c = [0.76 + 0.2\text{Log}(f'ck/15)]f'ck$ (Mulyono, 2004 dan Nugraha *et al.*, 2007) selanjutnya hasilnya dikomparasi seperti disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Komparasi formula konversi kuat tekan beton antara benda uji kubus dan silinder

$f'ck$	$(f'c)_A = 0.822f'ck + 0.312$	$(f'c)_R = [0.76 + 0.2\text{Log}(f'ck/15)]f'ck$	$(f'c)_A - (f'c)_R$	$ (f'c)_A - (f'c)_R $
MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
17,50	14,70	13,53	1,16	1,16
20,00	16,75	15,70	1,05	1,05
22,50	18,81	17,89	0,91	0,91
25,00	20,86	20,11	0,75	0,75
27,50	22,92	22,35	0,57	0,57
30,00	24,97	24,61	0,37	0,37
32,50	27,03	26,88	0,14	0,14
35,00	29,08	29,18	-0,09	0,09
37,50	31,14	31,48	-0,35	0,35
40,00	33,19	33,81	-0,62	0,62
42,50	35,25	36,14	-0,90	0,90
45,00	37,30	38,49	-1,19	1,19
47,50	39,36	40,86	-1,50	1,50
50,00	41,41	43,23	-1,82	1,82
Rata-rata				0,82

Sumber : Hasil analisis

Tabel komparasi diatas menunjukkan bahwa perbedaan hasil konversi secara rata-rata absolut sebesar 0,82 MPa. Formulasi hasil penelitian cenderung lebih besar untuk hasil uji kubus sampai nilai kuat tekan 32,5 MPa dan selebihnya hasilnya lebih kecil.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang sudah dilaksanakan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil ratio rata-rata hubungan kuat tekan benda uji kubus dan silinder beton dengan agregat Pulau Timor sebesar 0.83 dan dalam fungsi regresi linear dengan persamaan $f'c = 0.822 f'ck + 0.312$, dimana $f'c$ dan $f'ck$ dalam MPa dengan nilai *slump* 30-60 mm dengan Koefisien korelasi (r) = 0.905 dan koefisien determinasi (r^2) = 0.819, menunjukkan 81,90% nilai kuat tekan beton $f'c$ dapat

ditentukan berdasarkan hasil pengujian benda uji kubus dan 18,10% ditentukan oleh faktor lain. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan mempertimbangkan faktor lain yang mempengaruhi sehingga nilai determinasinya bisa meningkat.

2. Rata-rata faktor konversi hasil penelitian sebesar 0,83 sama dengan yang dicantumkan dalam PBI 1971 dan formulasi konversi hasil penelitian : $f'c = 0,822f'ck + 0,312$ menunjukkan rerata perbedaan absolut sebesar 0,82 MPa atau 3,17%. Dalam penelitian ini agregat yang digunakan spesifik dari Quarry Takari saja, sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk lokasi quarry lain di Pulau Timor untuk menentukan formula konversi yang berlaku general untuk lokasi Pulau Tomor.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 2000, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2000), Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- Anonimous, 2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, Badan Standar Nasional, Bandung.
- Anonimous, 1991, Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (SNI 03-2417-1991), Badan Standar Nasional, Bandung.
- Anonimous, 1990, Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar (SNI 03-1968-1990), Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- Anonimous, 1990, Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (SNI 03-1969-1990), Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- Anonimous, 1990, Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (SNI 03-1970-1990), Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- Anonimous, 1971, Peraturan Beton Bertulang Indonesia (NI 2), Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung
- Aji, P, Et All., 2010, Pengendalian Mutu Beton, Institut Sepuluh Nopember Surabaya, Surabaya.
- Indra, E., 1999, Angka Konversi Specimen Kubus Dan Silinder dalam Variasi Mutu Beton Normal, Jurnal Teknik Sipil Universitas Batam. Batam.
- Ismail, F.A., 2009, Studi Kuat Tekan Beton campuran 1 : 2 : 3 Berdasarkan Lokasi Pengambilan Agregat Di Sumatra Barat, Jurnal Teknik Sipil Universitas Andalas, Sumatra.
- Mulyati, D., 2011, Korelasi Nilai Kuat Tekan Beton Antara *Hamer Test* dan *Compression Test* Pada Benda Uji Silinder dan Core Drill, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Mulyono, T., 2003, Teknologi Beton, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Nugrara, P., Antoni, 2007, Teknologi Beton, Dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi, Penerbit Andi, Surabaya
- Sembiring, T.J., 2002, Beton Bertulang, Bandung.
- Sudjana., 2005, Metode Statistika, Tarsito, Bandung.
- Sugiyono., 2009, Statatistika Untuk Penelitian, Alfabeta, Bandung.