

KAPASITAS SAMBUNGAN BALOK *PRECAST* SISTEM *BOLT AND WET CONNECTION* DENGAN OPTIMASI CAMPURAN AGREGAT DAN SIKAGROUT 215

A.Rudi Hermawan¹, Eka Sasmita Mulya²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta,
Jl. Profesor Dr. Siwabessy, Kampus UI Depok Indonesia 16425
e-mail: arudihermawan@gmail.com

ABSTRACT

The Government of Indonesia has recently made regulation about Rusun/Rusunawa in great quantities with less time for construction. The solution is using straightforward construction for Rusun/Rusunawa. The alternative to these problems is precast construction. The method of loading test is referred to ASTM C78. Having research precast beam with mixing material grouting between nonshrinkage material by Sika 215 product and coarse aggregate with ratio 50%, 40% and 30% of percentage coarse aggregate by Sika Grout 215 weight. The result achieved, (a) deflection of conventional beam K1 2,8 mm achieve at load 7,2 ton (b) deflection of conventional beam K2 2,8 mm achieve at load 8,3 ton (c) deflection of precast beam P1 2,8 mm achieve at load 2,7 ton (d) deflection of precast beam P2 2,8 mm achieve at load 3,4 ton.

Keyword: *Precast, Conventional, Grouting.*

ABSTRAK

Pemerintah Indonesia membuat peraturan tentang Rusun/Rusunawa saat ini dengan membangun jumlah Rusun/Rusunawa yang cukup banyak namun dengan waktu konstruksi yang dituntut lebih cepat. Alternatif untuk masalah ini adalah bangunan dengan sistim precast. Metode uji beban yang digunakan adalah pembebanan sesuai dengan ASTM C78. Setelah dilakukan penelitian balok beton precast dengan optimasi campuran material grouting Sika 215 dan agregat kasar dengan rasio persentase 50%, 40% dan 30% dari berat Sika 215, hasil yang dicapai adalah (a) defleksi balok konvensional K1 2,8 mm pada beban 7,2 ton (b) defleksi balok konvensional K2 2,8 mm pada beban 8,3 ton (c) defleksi balok P1 2,8 mm pada beban 2,7 ton (d) defleksi balok precast P2 2,8 mm pada beban 3,4 ton.

Keyword: *Precast, Konvensional, Grouting.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam beberapa dekade perkembangan dunia konstruksi dalam hal metode pelaksanaan sangat lah pesat. Beberapa metode sudah dilaksanakan dalam pelaksanaan konstruksi pembangunan Gedung di Indonesia. Salah satu metode konstruksi yang sudah sering dilaksanakan pembangunannya pada beberapa lokasi pembangunan proyek konstruksi di Indonesia adalah menggunakan metode *precast* atau

pracetak. Metode *precast* adalah suatu metode pelaksanaan pembangunan konstruksi dengan cara memasang setiap elemen per elemen lalu dilakukan penyambungan antar elemen tersebut baik sambungan balok ke kolom, balok ke balok maupun balok ke lantai.

Untuk penelitian mengenai konstruksi dengan metode *precast* sudah banyak di publis di PCI Jurnal. Beberapa hasil penelitian yang membahas mengenai sambungan elemen *precast* sudah dilakukan peneliti dan hasil yang di

capai seperti yang diuraikan di bawah ini.

Sambungan menggunakan sistem *wet joint* dihasilkan kekuatan dan kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan konvensional. Sistem ini dapat diaplikasikan karena relatif lebih ekonomis dan *applicable* [1]. Untuk percepatan konstruksi dibutuhkan mutu beton yang tinggi dalam satu hari. Material *epoxy grout*, *epoxy-based grout*, dan material *rapid set*, material UHPC (*ultra-high-performance concrete*) menunjukkan properti yang baik. Material tersebut mempunyai kecepatan dalam mencapai kekuatan, dimensi yang stabil, *workability* yang baik dan mempunyai kuat tarik yang tinggi [2]. Detail sambungan UHPC (*Ultra-high-performance concrete connections*) memenuhi persyaratan untuk desain pertemuan pada daerah kritis, konstruksi dan respons terhadap struktur. Sambungan UHPC dapat menahan beban yang lebih besar dari yang diprasyaratkan AASHTO LRFD [3]. Hubungan *stress-strain* dari elemen *strand* HSSS (*high-strength stainless steel*) adalah secara fundamental berbeda dengan *strand* baja karbon. *Strand* HSSS berperilaku hampir tidak terlihat *strain hardening* dibandingkan dengan *strand* baja karbon. Dibandingkan dengan *strand* baja karbon, *strand* HSSS yang ada saat ini mempunyai regangan *ultimate*, tegangan dan modulus elastis yang lebih rendah [4]. Seluruh variasi campuran beton (HSC, SCC) yang digunakan, dicapai perbedaan yang sama antara perhitungan momen nominal dan kegagalan momen yang diaplikasikan. Melalui metode yang dilakukan yaitu metode sistem *precast* maka akan memberikan keuntungan dalam hal percepatan pelaksanaan dan meminimalkan biaya konstruksi. Hal yang terpenting dengan metode yang diterapkan adalah konstruksi harus tetap menjaga kekuatan dan daktilitas elemen struktur (*strength and ductility*) [5-6].

Penelitian ini adalah penelitian balok *precast* dengan sistem *bolt and wet connection* yaitu sistem sambungan *splices* yang dilokasikan di daerah tekan pada momen maksimum dan sambungan baut di daerah tarik pada momen maksimum. Analisis dilakukan untuk kekuatan (*Strength*) dari elemen balok tersebut. Pada daerah sambungan di *grouting* dengan campuran antara bahan *grouting Sika* dengan *coarse aggregate* (agregat kasar). Campuran tersebut dengan persentase agregat kasar 50%, 40% dan 30% berat *SikaGrout 215*. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya. Penelitian ini menghasilkan suatu kemudahan dalam pelaksanaan konstruksi bangunan (*erection*) namun tidak meninggalkan aspek kekuatan (*strength*) dan daktilitas dari balok tersebut.

Perumusan Masalah

Pada penelitian ini adalah penelitian mengenai kapasitas sambungan pada balok *precast* dengan sistem sambungan *bolt and wet connection* dan campuran *grouting Sika Grout 215* dengan *coarse aggregate* di momen lapangan maksimum pada balok *precast* menimbulkan berbagai permasalahan yaitu

- a. Bagaimana lendutan dan beban maksimum yang dapat di aplikasikan pada balok *precast* tersebut dengan sambungan sistem *bolt and wet connection* dan *grouting* sebagai bahan pengisinya
- b. Bagaimana defleksi yang terjadi pada balok *precast* tersebut dengan sambungan sistem *bolt and wet connection* dan *grouting* sebagai bahan pengisinya

Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk menentukan beban maksimum yang dapat di aplikasikan pada balok *precast*

tersebut dengan sambungan sistim *bolt and wet connection* dan *grouting* Sika 215 bsebagai bahan pengisinya.

- b. Untuk menentukan lendutan pada balok *precast* dengan sambungan sistim *bolt and wet connection* dan *grouting* Sika 215 sebagai bahan pengisinya.

METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian dan Alat Yang Digunakan

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Konstruksi dan Bahan Politeknik Negeri Jakarta, dengan menggunakan alat – alat sebagai berikut:

- *Dial gate*.
- *Universal Testing Machine* (UTM) kapasitas 200 ton

Bahan-Bahan Yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Besi beton *deform* diameter 13 mm.
- Besi beton polos diameter 8 mm

Prototype Benda Uji

Prototype benda uji adalah berbentuk balok dengan panjang 120 cm, lebar 15 cm dan tinggi balok 25 cm. Benda uji dibuat masing-masing 2 buah baik *precast* maupun konvensional. *Prototype* ini didesain memakai tulangan D 13 mm untuk tulangan lenturnya dan diameter 8 mm untuk tulangan gesernya. Untuk mutu beton digunakan adalah K 312. Jumlah benda uji yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji

No	Benda Uji	Jml	Tul. Utama	Skg
1	Benda Uji P (Precast)	2	2D 13 2D 13	d 8
2	Benda Uji K (Konven)	2	2D 13 2D 13	d 8

Untuk campuran, tabel 2 akan menjelaskan pada uraian di bawah ini

Tabel 2. Campuran Agregat Kasar Terhadap Sika Grout 215

No	Campuran	Persen berat Agregat VS berat SIKA Grout 215	Jumlah Benda Uji Kubus
1	Campuran A	50%	6
2	Campuran C	40%	6
3	Campuran E	30%	6

Tabel 3. Jumlah Benda Uji Kubus Campuran Beton Normal

No	Mutu Beton	Jumlah Benda Uji Kubus
1	K 312	4 @ 3bh

Benda uji P adalah benda uji balok *precast* dengan penyambungan sistim *bolt and wet connection* dan *grouting* campuran antara bahan *non-shrinkagesika 215* dengan agregat kasar. Sedangkan benda uji K adalah benda uji balok konvensional, di mana balok ini sebagai pembanding dalam menentukan kekuatan dan defleksi balok benda uji P.

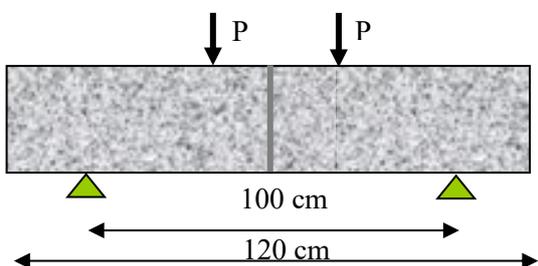
Pada tabel 2 di atas dijelaskan sambungan di *grouting* dengan menggunakan campuran bahan *grouting* SIKAGROUT 215 dengan variasi agregat kasar. Campuran itu dibuat benda uji dan diuji kuat tekannya.

Pada tabel 3, dilakukan percampuran beton normal antara pasir beton, *split* dan semen serta air sebagai bahan pencampurnya agar terjadi reaksi diantara ketiga bahan tersebut. Benda uji yang dibuat sebanyak dua belas buah, ditest kuat tekannya pada saat umur 28 hari.

Untuk lebih jelasnya mengenai pembesian, penyambungan, pengecoran dan *grouting*-nya dapat dilihat Gambar 1, *prototype* balok pada lampiran gambar.

Metode Pengujian

Metode pengujian mengacu pada peraturan [7], dengan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*) dan kondisi seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2. Ilustrasi Pembebanan

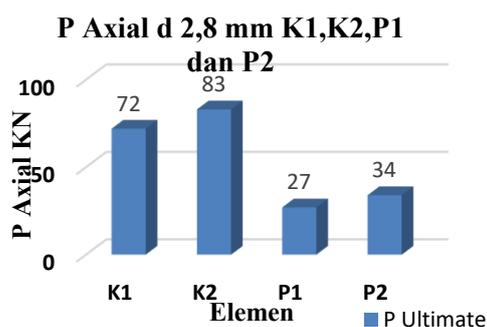
HASIL dan PEMBAHASAN

DATA HASIL

Kuat Tekan Kubus

Hasil yang telah kami capai sampai saat ini adalah beberapa hasil dari uji tekan kubus beton campuran *Sikagrout* 215 dengan variasi agregat (benda uji P) dan hasil kuat tekan kubus beton untuk benda uji balok konvensional (benda uji K). Untuk lebih jelasnya, hasil dari uji kuat tekan kubus masing-masing benda uji dapat dilihat di Tabel 4 dan 5 pada lampiran.

Kuat Lentur



Gambar 3. P Ultimate K1,K2,P1 dan P2

PEMBAHASAN

Tabel 6. Perbandingan Hasil Tes Uji Beban dan Teoritis pada Lentutan maksimal 2,8 mm

No	Type Balok	Hasil Uji	Teori
1	Konvensional K1	72 kN	69 kN

No	Type Balok	Hasil Uji	Teori
	Konvensional K2	83 kN	
2	Precast P1	27 kN	71 kN
	Precast P2	34 kN	

Analisis Data

1. Kuat Tekan Kubus Beton

Pada tabel 4 di atas diperlihatkan hasil kuat tekan yang terjadi dan terlihat bahwa kuat tekan yang optimum dicapai pada prosentase campuran dengan berat agregate 30% dari berat Sika 215 dibandingkan dengan hasil percampuran 50% dan 40%. Hal ini dapat disebabkan

- Pecahnya agregat kasar terjadi terlebih dahulu yang mengakibatkan runtuhnya atau pecahnya kubus beton tersebut artinya semakin banyak kadar agregatnya semakin kecil kuat tekan yang terjadi.
- Ikatan yang terjadi antara agregat dan bahan Sika Grout, semakin banyak agregat semakin lemah kuat tekan yang dihasilkan sebagai akibat semakin banyaknya ikatan antara agregat dan Sika Grout 215 tersebut.

2. Kuat Lentur dan Defleksi

Hasil uji beban yang telah dilakukan dan sudah terlihat pada tabel 6 dan gambar 3 di atas, menunjukkan kondisi kondisi dimana perbandingan antara benda uji konvensional dan *precast* terlihat dengan jelas adanya perbedaan yang signifikan.

Pada pengujian benda uji konvensional K1 menunjukkan performa yang baik. Hal itu dapat dilihat pada tabel 6 di atas di mana kuat tekan yang terjadi dari hasil uji pembebanan pada lentutan maksimal 2,8 mm adalah sebesar 72 kN. Dengan kondisi kuat lentur yang ada pada balok konvensional K1 dimana kuat lentur yang terjadi dibandingkan dengan kuat lentur teoritis sebesar 69 kN maka dikatakan bahwa kuat lentur dan defleksi

balok konvensional K1 memenuhi syarat kekuatan.

Pada pengujian benda uji konvensional K2 menunjukkan performa yang lebih baik lagi dari K1. Hal itu dapat dilihat pada tabel di atas dimana kuat tekan yang terjadi dari hasil uji pembebanan pada lendutan maksimal 2,8 mm adalah sebesar 83 kN. Dengan kondisi kuat lentur yang ada pada balok konvensional K2 dimana kuat lentur yang terjadi dibandingkan dengan kuat lentur teoritis sebesar 69 kN maka dikatakan bahwa kuat lentur dan defleksi balok konvensional K2 memenuhi syarat kekuatan.

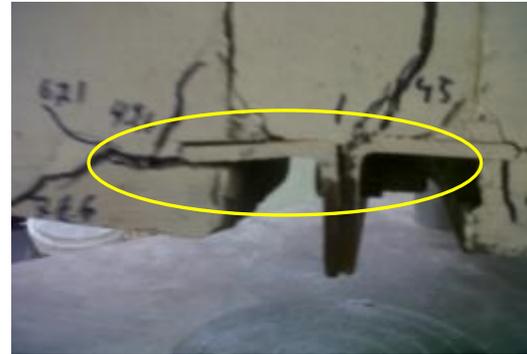
Pada pengujian benda uji *Precast* P1 menunjukkan performa yang kurang baik. Hal itu dapat dilihat pada tabel di atas dimana kuat tekan yang terjadi dari hasil uji pembebanan pada lendutan maksimal 2,8 mm adalah sebesar 27kN. Dengan kondisi kuat lentur yang ada pada balok *precast* P1 dimana kuat lentur yang terjadi dibandingkan dengan kuat lentur teoritis sebesar 71 kN maka dikatakan bahwa kuat lentur dan defleksi balok *precast* P1 tidak memenuhi syarat kekuatan.

Pada pengujian benda uji *Precast* P2 menunjukkan performa yang kurang baik. Hal itu dapat dilihat pada tabel di atas dimana kuat tekan yang terjadi dari hasil uji pembebanan pada lendutan maksimal 2,8 mm adalah sebesar 34 kN. Dengan kondisi kuat lentur yang ada pada balok *precast* P2 dimana kuat lentur yang terjadi dibandingkan dengan kuat lentur teoritis sebesar 71 kN maka dikatakan bahwa kuat lentur dan defleksi balok *precast* P2 tidak memenuhi syarat kekuatan.

Gambar 4 dan Gambar 5 menjelaskan beberapa hal yang dapat menyebabkan kekuatan balok *precast* P1 dan P2 tidak memenuhi syarat kekuatan yaitu dilihat dari kerusakan yang terjadi pada plat sambung (*embeded*) dimana plat pada

arah horisontal tersebut mengalami kelengkungan dan mengalami keretakan beton pada daerah tarik.

Pada sudut plat *embeded* (*angle steel*) terjadi kelengkungan/ perlemahan akibat pembebanan.



Gambar 4. Pola Runtuh Balok P1



Gambar 5. Pola Runtuh Balok P2

Untuk sambungan beton dengan menggunakan baut sangat fleksibel dan dapat digunakan dengan menyesuaikan bentuk dari elemen atau bangunannya [8].

KESIMPULAN

Hasil yang telah dicapai yaitu balok konvensional K1 menghasilkan lendutan maksimum 2,8 mm pada beban 72 kN sedangkan untuk balok konvensional K2 menghasilkan lendutan maksimum 2,8 mm pada beban 83 kN.

Untuk balok *precast* P1 terjadi lendutan maksimum 2,8 mm pada beban 27 kN sedangkan untuk balok *precast* P2 menghasilkan lendutan maksimum 2,8 mm pada beban 34 kN.

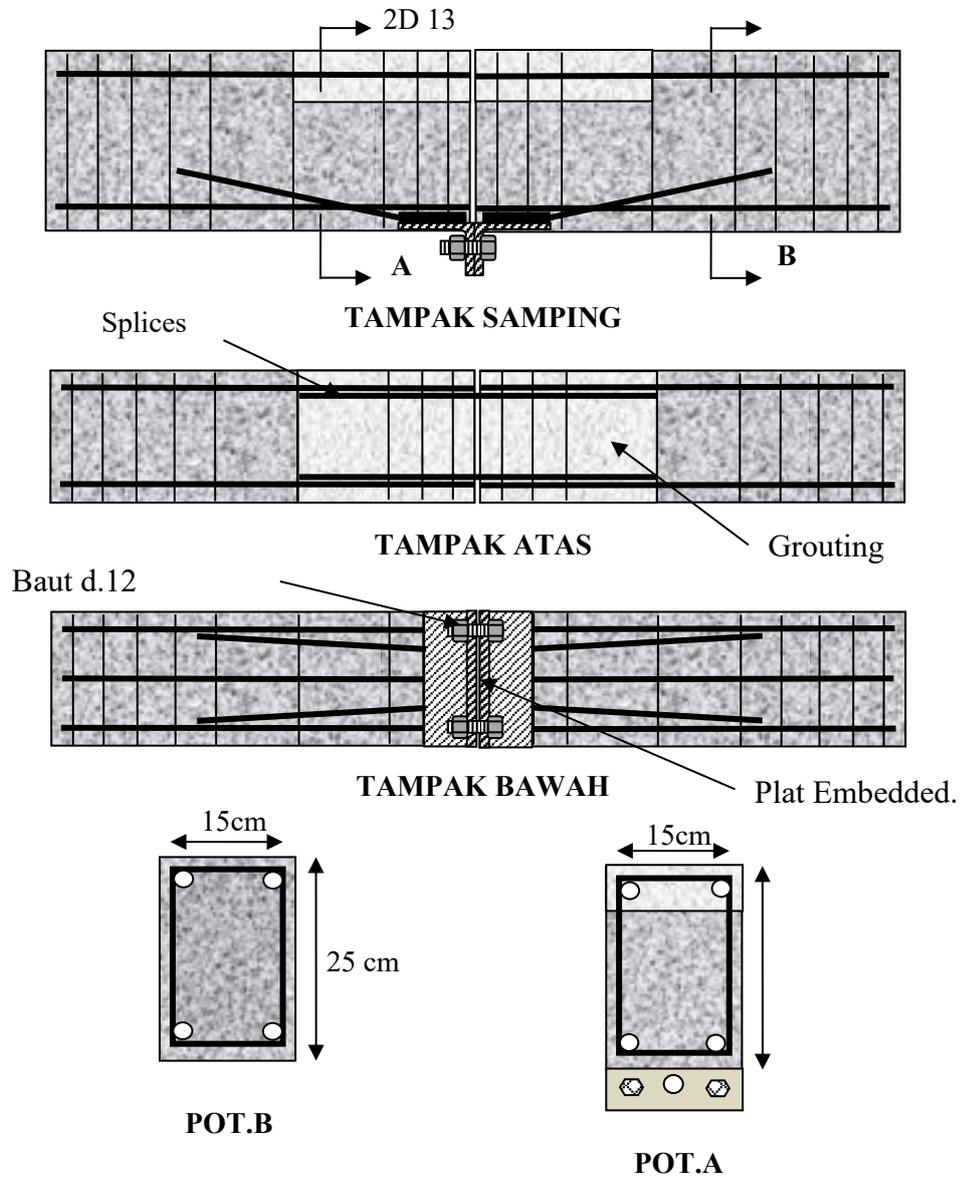
Disarankan untuk sambungan pada bagian bawah digunakan plat siku yang diberi pengaku pada kedua ujungnya atau dibuat plat sambung bentuk datar dan tidak berbentuk siku dan disambung dengan sistim las, dikarenakan kondisi terlemah yang terjadi seperti yang dijelaskan di atas.

Variasi campuran yang digunakan adalah variasi berat agregat 30% dari berat Sikagrout. Sabungan sistim wet connection sangatlah ekonomis dan dapat digunakan untuk menyatukan antara beton dan tulangan dalam bangunan sistim rangka atau portal [1]. Untuk lekatan antara beton dan tulangan pada sambungan tulangan cukup menggunakan panjang sambungan 10 kali diameter tulangan [9].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Breccolotti, M., Bonfigli, M. F., Colone, V., & Luigi, A. (2017). *Rack Structures in Remote Seismic Zones*. December, 45–58.
- [2] Swenty, M. K., & Graybeal, B. A. (2017). Characterization of materials used in field-cast precast concrete connections. *PCI Journal*, 62(5), 33–44. <https://doi.org/10.15554/pcij62.6-03>.
- [3] Graybeal, B. A. (2014). Ultra-high-performance concrete connections for precast concrete bridge decks. *PCI Journal*, 59(4), 48–62. <https://doi.org/10.15554/pcij.09012014.48.62>
- [4] Al-Kaimakchi, A., & Rambo-Roddenberry, M. (2021). Mechanical and bond properties of Grade 2205 duplex high-strength stainless steel strand. *PCI Journal*, 66(4), 66–81. <https://doi.org/10.15554/pcij66.4-01>.
- [5] ACI. (2019). 318M-19: Building Code Requirements for Concrete and Commentary. *Aci 318-19M*, 628.
- [6] Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Standar Nasional Indonesia (SNI)*, 8, 720. www.bsn.go.id.
- [7] ASTM. (2002). *Astm C78/C78M -18: Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)* ASTM International. USA, 04.02, 1–3.
- [8] Shemie, M. (1973). Bolted Connections in Large Panel System Buildings. *J Prestressed Concr Inst*, 18(1), 27–33. <https://doi.org/10.15554/pcij.01011973.27.33>
- [9] Aragon, T. C., Kurama, Y. C., & Meinheit, D. F. (2017). *for Precast Concrete Structures*. October, 75–88.

Lampiran Gambar dan Tabel



Gambar 1. *Prototype Benda Uji*

Tabel 4. Data Hasil Kuat Tekan Kubus

Hasil Uji Kuat Tekan Kubus dengan Variasi Agregat terhadap SikagROUT 215

No	Uraian	Berat		P Max	fc'	Av.fc'	Ket.
		Gram	Kg	Kg	Kg/cm ²	Kg/cm ²	
1	Variasi berat agregat	A	8,213	79,210	352.0	319.2	Umur 3 hari
	50% berat SikagROUT	B	8,086	64,430	286.4		
	Variasi berat agregat	A	8,195	81,550	362.4	354.6	
	40% berat SikagROUT	B	8,200	78,020	346.8		
	Variasi berat agregat	A	8,000	64,960	288.7	284.8	
	30% berat SikagROUT	B	8,087	63,190	280.8		
2	Variasi berat agregat	A	8,222	76,210	338.7	329.5	Umur 7 hari
	50% berat SikagROUT	B	8,143	72,050	320.2		
	Variasi berat agregat	A	8,126	81,860	363.8	372.8	
	40% berat SikagROUT	B	8,178	85,890	381.7		
	Variasi berat agregat	A	7,875	84,050	373.6	376.7	
	30% berat SikagROUT	B	7,958	85,460	379.8		
3	Variasi berat agregat	A	8,172	81,800	363.6	359.7	Umur 28 hari
	50% berat SikagROUT	B	8,045	80,060	355.8		
	Variasi berat agregat	A	8,198	93,110	413.8	408.2	
	40% berat SikagROUT	B	8,161	90,560	402.5		
	Variasi berat agregat	A	8,113	117,030	520.1	482.2	
	30% berat SikagROUT	B	8,004	99,970	444.3		

(a)

Variasi campuran yang digunakan adalah variasi berat agregat 30% dari berat SikagROUT

Hasil Uji Kuat Tekan Kubus Benda Uji Balok Konvensional (Benda Uji K)

No	Uraian	Berat		P Max	fc'	Av.fc'	Keterangan
		Gram	Kg	Kg	Kg/cm ²	Kg/cm ²	
1	Balok Konvensional K1	A	8,058	75,330	334.8	317.5	Umur 28 hari
		B	7,836	77,960	346.5		
		C	7,971	61,040	271.3		
2	Balok Konvensional K2	A	7,990	85,100	378.2	307.3	Umur 28 hari
		B	8,013	63,740	283.3		
		C	8,046	58,610	260.5		

(b)

Tabel 5. Data hasil Uji Kuat Tekan Kubus Balok Precast'
Hasil Uji Kuat Tekan Kubus Benda Uji Balok Precast (Benda Uji P)

No	Uraian	Berat Gram	P Mak Kg	fc' Kg/cm2	Av.fc' Kg/cm2	Keterangan
1	Balok Precast P1	A	7,874	75,400	335.1	322.7 Umur 28 hari
		B	8,169	78,110	347.2	
		C	7,817	64,300	285.8	
2	Balok Precast P2	A	7,838	72,660	322.9	329.7 Umur 28 hari
		B	7,882	70,730	314.4	
		C	8,186	79,180	351.9	