

PENGARUH SEMEN HOLCIM POWERMAX PADA BALOK BETON BERTULANG 20 DAN 25 MPA TERHADAP KUAT LENTUR DAN FAKTOR REDUKSINYA

Hariadi Yulianto¹, Novi Rahmayanti¹ dan Akhmad Reza Kriswiansyah²

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
Email: hariadi.yulianto@uii.ac.id, novi.rahmayanti@uii.ac.id,

²Mahasiswa Prodi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
Email: 15511071@students.uui.ac.id

ABSTRACT

The Cement variant that widely distributed in Yogyakarta is Portland Composite Cement (PCC) which is a composite mixture between Portland Cement, blast furnace slag and other podzolic material. Then in 2019, there was a new variant of PCC cement known as "Power Max". This variant claimed faster cured and produced higher strength concrete than ordinary PCC. So, this claimed need to be proved on flexural strength of Rectangular Reinforced Concrete (RRC) beam through this study. In addition, the effect of Power Max PCC use on flexural strength reduction factor (ϕ) is also aimed. To achieve those objectives, two-point load flexural bending test was performed on 3 different RRC beam concrete namely: 20 MPa ordinary RRC beam, 20 MPa Power Max RRC beam and 25 MPa Power Max RRC beam. The result that can be inferred from the test are: The use of Power Max PCC cement will effectively increase the flexural strength of RRC beam by 16,3% on 25 MPa Power Max PCC RRC beam. Also, the SNI 2848-2019 flexural strength reduction factor ($\phi=0,9$) can be safely used on 25 MPa Power Max RRC beam, while the reduction factor (ϕ) of 20 MPa ordinary and 20 MPa Power Max RRC beam respectively is $\phi=0,84$ and $\phi=0,88$.

Keywords: Power Max PCC cement, RRC Beam flexural strength, strength reduction factor(ϕ)

PENDAHULUAN

Jenis semen yang dipasarkan di wilayah Yogyakarta adalah *Portland Composite Cement* (PCC) yang dipasarkan oleh PT Holcim Indonesia. Pada tahun 2019 terdapat produk semen PCC baru yaitu semen PCC Power Max selain jenis semen yang telah ada sebelumnya, semen PCC Serba Guna. PCC sebenarnya merupakan Semen *Portland Pozolan* yang memiliki kuat tekan yang rendah pada umur-umur awal (sebelum 28 hari). Hal ini karena semen menggunakan bahan pozolan sebagai bahan tambah yang baru memberikan kontribusi kekuatan setelah umur 28 hari (Intara, 2017) dan (Maulidi, 2017). Hal ini berkebalikan dengan semen PCC Holcim Power Max yang menggunakan campuran yang dinamai

"*strength agent*" membuat adukan beton dengan semen ini lebih pulen, lebih cepat keras, serta kuat tekan lebih tinggi (PT Holcim, 2019). Perbedaan sifat inilah yang akan diteliti pengaruhnya terhadap struktur beton bertulang khususnya balok lentur.

Peraturan standar konstruksi beton di Indonesia SNI 2847-2013 pasal 21.1.4.2 menetapkan nilai mutu beton rencana (f_c') pada rangka bangunan pemikul beban gempa (sistim rangka pemikul momen khusus) minimal sebesar $f_c'=20$ MPa (BSN, 2013). Oleh karena itu, pada penelitian ini ditetapkan nilai mutu beton rencana sebesar 20 MPa dan 25 MPa guna memenuhi persyaratan tersebut.

Peraturan standar konstruksi beton di Indonesia SNI 2847-2019 mengatur nilai

faktor reduksi kekuatan (ϕ) untuk elemen lentur berkisar antara (ϕ) = 0,65 (untuk penampang terkontrol tekan) hingga (ϕ) = 0,9 (penampang terkontrol tarik). Kriteria penampang terkontrol tekan dan tarik berdasarkan nilai regangan pada tulangan baja tarik terluar (ϵ_t) saat kondisi kapasitas lentur penampang *ultimate*. Penampang terkontrol tekan adalah jika baja tulangan terluar memiliki regangan (ϵ_t) \leq 0,002 dan terkontrol tarik jika (ϵ_t) \geq 0,005 (BSN, 2019).

Namun pada penelitian Yulianto (2021), elemen lentur berupa pelat komposit beton-dek baja pada rentang beton mutu normal, memiliki nilai faktor reduksi kuat lentur sebesar $\phi = 0,61$ walaupun nilai $\epsilon_t > 0,002$. Hal ini berbeda dengan nilai yang ditetapkan SNI 2847-2019 untuk kondisi $\epsilon_t > 0,002$ yaitu (ϕ) = 0,65.

Penelitian lainnya mengenai nilai ϕ dilakukan oleh Rasidi (2005). Pada penelitiannya, nilai ϕ_b pada kuat lentur profil baja tabung kotak dengan indeks keandalan (β) = 3 diperoleh $\phi_b = 0,8823$. Hal ini berbeda dengan nilai yang ditetapkan peraturan konstruksi baja SNI 1729:2015 yaitu $\phi_b = 0,9$. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai nilai faktor reduksi kuat lentur agar dapat lebih relevan digunakan di Indonesia.

LANDASAN TEORI

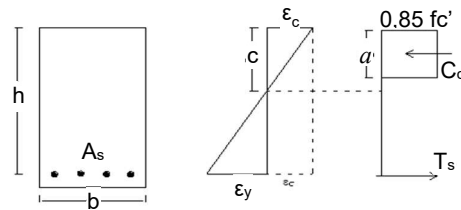
Semen PCC

Semen yang beredar di Indonesia saat ini diantaranya adalah: *Ordinary Portland Cement (OPC)*, *Portland Pozzolan Cement (PPC)*, serta *Portland Composite Cement (PCC)*. Namun semen yang paling banyak ditemukan khususnya di Yogyakarta adalah semen Holcim jenis PCC. Semen PCC adalah hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain seperti: terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total 6% -

35 % dari massa semen portland komposit (BSN, 2004)

Kuat Lentur Nominal Balok Beton Bertulang (Tulangan Tunggal)

Kuat lentur balok beton bertulang tunggal dihasilkan dari kopel gaya antara gaya tekan (yang ditahan beton) dan gaya tarik (yang ditahan baja tulangan). Kopel gaya ini terjadi akibat kelengkung lentur balok yang menghasilkan tegangan tekan pada sisi atas dan tegangan tarik pada sisi bawah (jika menahan momen positif). Ilustrasi kopel gaya tersebut ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1. Gaya kopel balok beton bertulang tunggal
sumber: (Pawirodikromo, 2012)

Berdasarkan kopel gaya tersebut maka diperoleh kapasitas momen tulangan tunggal

$$M_n = 0,85 \times f_c' \times a \times b \times (d - \frac{1}{2}a) \quad (1)$$

dengan:

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \quad (2)$$

f_c' = kuat tekan beton rencana (MPa)
 b = Lebar balok (mm)
 d = tinggi efektif balok (mm)
 a = tinggi blok tekan ekuivalen (mm)
 A_s = luas tulangan tarik (mm²)
 f_y = tegangan leleh baja tulangan (MPa)

Pola Keruntuhan Balok Beton Bertulang

Faktor yang menyebabkan keruntuhan atau retak pada balok adalah tegangan yang terjadi terutama tegangan tarik. Menurut McCormac (2001), pola retak untuk balok dibedakan menjadi 5 macam yaitu retak lentur, retak geser, retak geser lentur, retak puntir, retak lekatan.

Faktor Reduksi (ϕ)

Dalam perencanaan kekuatan disain didapatkan harga nominal tahanan (R_n) dikalikan reduksi tahanan (ϕ) untuk menahan beban dikalikan faktor kelebihan beban. Filosofi disain ini dikenal sebagai “disain keadaan batas” SNI 2847:2019 sebagai *Load And Resistance Factor Design* (BSN, 2019). Konsep *LRFD* ini memberikan nilai faktor reduksi kekuatan sesuai dengan fungsi level keamanan yang diinginkan dan variabilitas ragam keruntuhan yang ditinjau sehingga keamanan struktur lebih rasional (Rasidi, 2005).

Menurut Ravindra dan Galambos (1978) dalam Yulianto (2021), Faktor reduksi kekuatan dirumuskan dengan persamaan berikut

$$\phi = \frac{R_m}{R_n} e^{-0.55\beta V_r} \quad (3)$$

$$V_r = \frac{S}{R_m} \quad (4)$$

dengan :

ϕ = nilai faktor reduksi

R_m = nilai rata-rata *resistance* hasil pengujian

R_n = nilai rata-rata nominal hasil teoritis

β = index kehandalan (3,00)

V_r = koefisien variasi dari *resistance*

S = standar deviasi

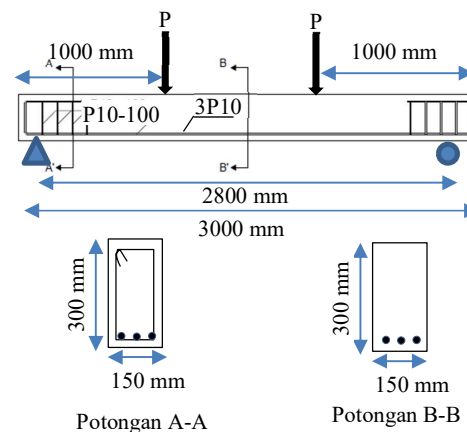
METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan *job mix design* mengacu pada SNI 2834-2000 (BSN, 2000) dengan mutu beton rencana 20 dan 25 MPa. Mutu beton ini ditetapkan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.1.4.2 yang mensyaratkan mutu beton minimum sebesar 20 MPa untuk struktur pemikul gaya gempa (BSN, 2013). Setelah itu dilanjutkan dengan pengujian tekan silinder beton mengacu SNI 1974:2011 (BSN, 2011) serta uji tarik tulangan baja mengacu SNI 07-2529-1991 (BSN, 1991).

Selanjutnya pengujian lentur balok beton bertulang tunggal ukuran 15×30×3000 mm sebanyak 8 buah. Balok bertulangan tunggal dipilih karena dapat menggambarkan

karakteristik lentur balok beton bertulang yang murni dipengaruhi oleh variasi mutu betonnya saja tanpa dipengaruhi oleh tulangan tekan.

Sampel balok beton bertulang memiliki beberapa varian yaitu: varian 1 mutu beton rencana 20 MPa dengan semen Holcim Serbaguna (balok 1 dan balok 2), varian 2 mutu beton rencana 20 MPa dengan mengganti semen menggunakan Holcim Power max (balok 3, balok 4 dan balok 5), Varian 3 mutu beton rencana 25 MPa menggunakan semen Holcim powermax (balok 6, balok 7 dan balok 8). Adapun pembebanan yang diterapkan adalah pengujian lentur balok 2 titik sehingga terjadi gaya lentur murni pada balok. Detail sketsa benda uji dapat diamati pada Gambar 2.



Gambar 2. Sketsa benda uji

Baja tulangan tarik pada sampel balok dipasang *strain gauge* pada posisi tengah bentang untuk memperoleh nilai regangan baja ketika balok mencapai kondisi ultimit.

Kuat lentur balok hasil pengujian diperoleh berdasarkan nilai beban maksimum (P_{maks}) yang didapat melalui *load cell* dengan pembacaan *data logger*. Kemudian faktor reduksi kuat lentur (ϕ) dihitung berdasarkan perbandingan dari hasil percobaan dan perhitungan secara teoritis.

Pemasangan LVDT ditempatkan pada tengah bentang guna mengamati lendutan

yang terjadi pada saat proses pengujian. Detail setup pengujian dapat diamati pada Gambar 3.



Gambar 3. Detail *setup* pengujian

Analisis kuat lentur hasil pengujian menggunakan persamaan sebagai berikut

$$M_{nPercobaan} = \frac{1}{2} \times P \times a + M_d \quad (5)$$

dengan,

- $M_{nPercobaan}$ = kuat lentur (kNm)
- P = beban maksimum (kN)
- a = lengan beban (1,0 m)
- M_d = momen berat sendiri (kNm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Tekan Silinder Beton dan Tarik Baja

Hasil uji tekan silinder beton yang berasal dari adukan beton balok serta uji tarik sampel tulangan baja dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil uji desak silinder

No.	Sampel	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Peningkatan (%)
1	Balok 1	30,20	0,0
2	Balok 2		
3	Balok 3		
4	Balok 4	44,23	46,45%
5	Balok 5		
6	Balok 6		
7	Balok 7	33,60	11,25%
8	Balok 8		

Tabel 2. Hasil uji tarik baja tulangan

Sampel	f_y (MPa)	f_u (MPa)
P 10	377,16	552,08

Berdasarkan Table 1 maka dapat disimpulkan bahwa seluruh sampel balok beton memiliki kuat tekan beton di atas mutu rencana yaitu $f_c' = 20$ MPa dan $f_c' = 25$ MPa. Selain itu juga disimpulkan bahwa pengaruh penggantian semen dari Holcim Serbaguna menjadi Holcim Power Max mampu meningkatkan kuat tekan beton sebesar 46,45% pada *mix design* $f_c' = 20$ MPa. Namun peningkatan tersebut berkurang menjadi 11,25% pada *mix design* $f_c' = 25$ MPa.

Berdasarkan Tabel 2 maka dapat diketahui bahwa mutu baja tulangan pokok dan sengkang merupakan BJTP 35 (BSN, 2002).

Kuat Lentur Balok

Berdasarkan nilai beban maksimum (P_{maks}) hasil pengujian lentur dan dilakukan analisis kuat lentur balok, diperoleh data kuat lentur balok beton bertulang ($M_{nPengujian}$) yang ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Pengujian Lentur

Sampel	P_{maks} (kN)	M_n $Pengujian$ (kNm)	Regangan tulangan baja ($\mu\epsilon$)
Balok 1	33,07	18,09	27268
Balok 2	36,84	19,98	2485
Rerata	34,95	19,03	-
Balok 3	34,20	18,70	3063
Balok 4	33,92	18,52	+*****
Balok 5	34,29	18,70	1930,2
Rerata	34,14	18,64	
Balok 6	28,58	15,85	2008,4
Balok 7	27,69	21,70	2490,2
Balok 8	28,77	22,57	15331,2
Rerata	28,23	22,13	

Dari Tabel 3 terlihat pada balok 4 nilai regangan baja tulangan tidak dapat ditampilkan. Hal ini karena *strain gauge* pada tulangan baja pada balok 4 mengalami kegagalan sehingga tidak mampu menampilkan nilai regangan baja tulangan ketika kondisi ultimit.

Selain itu, pada Balok 6 terjadi gagal geser pada daerah antara tumpuan dan titik beban (Gambar 9) sehingga nilai P_{maks} pada balok 6 tidak dapat dijadikan acuan kuat lentur hasil percobaan. Guna mengantisipasi hal serupa maka letak titik beban di geser menjauhi tumpuan sehingga lengan beban (a) menjadi 1,45 m. Hal ini yang menyebabkan balok 7 dan balok 8 memiliki nilai M_n yang lebih besar walaupun nilai P_{maks} lebih kecil dibandingkan balok lainnya.

Jika dilihat dari nilai regangan tulangan baja pada semua balok maka dapat disimpulkan tulangan baja telah leleh. Hal ini karena nilai regangan baja (ϵ_s) melebihi dari regangan lelehnya (ϵ_y) = 1885 $\mu\epsilon$ (f_y/E_s) sehingga balok mengalami kerusakan lentur yang bersifat *under reinforced* (kecuali balok 6).

Berdasarkan Tabel 3 nilai kuat lentur rata-rata balok 1 dan balok 2 yang memiliki nilai $f_c' = 30,20$ MPa justru lebih tinggi dari nilai

kuat lentur rata-rata balok 3, balok 4 dan balok 5 yang memiliki nilai $f_c' = 44,23$ MPa. Hal tersebut diperkirakan disebabkan oleh tingkat kepadatan beton antara beton silinder tidak sama dengan beton yang berada di dalam balok. Hal ini mungkin terjadi karena beton dengan semen Holcim Power Max memiliki panas hidrasi yang lebih tinggi akibat kandungan $3CaO.SiO_2$ dalam unsur terak tanur tinggi (Yulianto, Mustofa, & Yahya, Karakteristik Beton Umur 28 Hari dengan Varian Portland Podzolan Cement, 2020).

Panas hidrasi yang lebih tinggi ini terbukti saat pengecoran balok beton kadar air pada adukan beton basah lebih cepat menguap sehingga adukan beton menjadi kurang plastis dan sulit untuk dipadatkan ke dalam cetakan balok.

Pada silinder beton walaupun adukan kurang plastis, pemadatan masih dapat dilakukan dengan baik karena volumenya yang kecil. Bahkan menguapnya kadar air ini meningkatkan kuat tekan karena nilai fas menurun.

Inilah sebabnya mengapa pada balok 3, 4 dan 5 walaupun nilai kuat tekan silindernya tinggi, tetapi nilai kuat lentur baloknya rendah karena beton yang ada pada silinder lebih baik kepadatannya daripada beton yang berada pada cetakan balok.

Adapun pada balok 1 dan 2, panas hidrasi adukan beton lebih rendah yang terbukti saat pengecoran balok adukan masih plastis hingga saat proses pemadatan. Ini menyebabkan tingkat kepadatan beton antara silinder dan balok menjadi lebih seragam dan lebih baik sehingga nilai kuat lentur balok 1 dan 2 lebih tinggi dari balok 3,4 dan 5. Holcim Serbaguna (balok 1 dan balok 2) memiliki panas hidrasi yang lebih rendah karena kadar $3CaO.SiO_2$ tidak setinggi Holcim Power Max (Yulianto, Mustofa, & Yahya, 2020).

Pada balok 7 dan 8, nilai kuat lenturnya paling tinggi jika dibandingkan dengan balok lainnya. Nilai kuat lenturnya lebih

tinggi 16,3% jika dibandingkan dengan pemakaian Holcim Serba Guna.

Hal ini berarti walau terjadi panas hidrasi yang lebih tinggi lagi, namun karena kadar semen yang lebih banyak mengakibatkan jumlah pasta semen pada Holcim Power Max 25 MPa paling banyak dibandingkan balok lainnya sehingga efek penguapan air pada adukan beton masih terkompensasi dengan banyaknya pasta semen tersebut. Hal ini yang mengakibatkan adukan beton tetap terjaga plastisitasnya.

Kesimpulan pada balok 7 dan 8 adalah karena kadar pasta semen yang tinggi, maka dapat menjaga plastisitas adukan beton sehingga pemadatan lebih baik dan menghasilkan nilai kuat lentur balok beton bertulang yang lebih tinggi.

Hal lain yang dapat disimpulkan dari balok 6,7 dan 8 adalah dengan kadar pasta semen Holcim Power Max yang tinggi berkolerasi negatif pada kuat geser beton, karena terjadi gagal geser beton pada balok 6 sehingga hal ini perlu diteliti lebih lanjut.

Analisis Faktor Reduksi Balok

Berdasarkan data nilai kuat tekan silinder beton pada Tabel 1 dan kuat tarik baja pada Tabel 2 dilakukan perhitungan kuat lentur teoritis ($M_{n\text{teoritis}}$) balok tulangan tunggal menggunakan prinsip regangan tegangan yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan menggunakan rumus (1) dan (2). Hasil $M_{n\text{teoritis}}$ ditampilkan pada Tabel 4.

Kemudian dilakukan analisis faktor reduksi (ϕ) dengan melakukan perhitungan statistika berupa nilai rata-rata kuat lentur hasil pengujian (R_m), rata-rata kuat lentur teoritis (R_n), standar deviasi kuat lentur pengujian (S) dan rasio standar deviasi dibanding kuat lentur rata-rata pengujian ($V_r = S/R_m$). Seluruh hasil perhitungan statistika tersebut dimasukkan dalam rumus (3) dan (4) sehingga diperoleh nilai (ϕ) hasil pengujian yang ditampilkan pada Tabel 5.

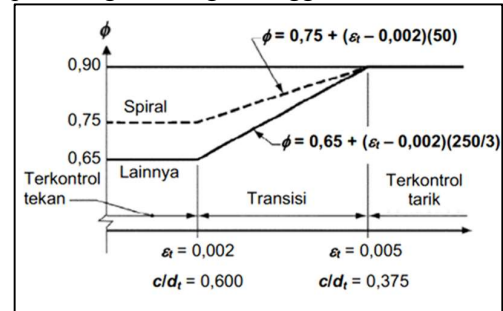
Tabel 4. Hasil perhitungan $M_{n\text{teoritis}}$

Nama	$M_{n\text{Pengujian}}$ (kNm)	$M_{n\text{Teoritis}}$ (kNm)	f_c' (MPa)
Balok 1	18,09	20,83	30,2
Balok 2	19,98	20,83	30,2
Rata-rata	$R_m=19,04$	$R_n=20,83$	
Balok 3	18,70	21,13	44,23
Balok 4	18,52	21,13	44,23
Balok 5	18,70	21,13	44,23
Rata-rata	$R_m=18,64$	$R_n=21,13$	
Balok 6	15,89	20,92	33,6
Balok 7	21,78	20,92	33,6
Balok 8	22,57	20,92	33,6
Rata-rata	$R_m=22,18$	$R_n=20,91$	

Tabel 5. Hasil analisis faktor reduksi (ϕ)

Nama	S	R_m/R_n	V_r	ϕ
Balok 1	0,95	0,914	0,05	0,84
Balok 2				
Balok 3				
Balok 4	0,08	0,882	0,005	0,88
Balok 5				
Balok 6				
Balok 7	0,40	1,060	0,018	1,03
Balok 8				

Nilai ϕ teoritis berdasarkan SNI 2847-2019 melalui pembacaan grafik Gambar 4 diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6 dengan terlebih dahulu menghitung nilai regangan baja tarik teoritis yang menggunakan prinsip-prinsip perhitungan tulangan tunggal.



Gambar 4 Faktor reduksi (ϕ) elemen lentur sumber: (BSN, 2019)

Tabel 6 Perbandingan nilai ϕ

Sampel	Regangan tulangan baja teoritis	ϕ_{teoritis}	$\phi_{\text{pengujian}}$
Balok 1	0,0246	0,9	0,84
Balok 2	0,0246	0,9	0,84
Balok 3	0,0326	0,9	0,88
Balok 4	0,0326	0,9	0,88
Balok 5	0,0326	0,9	0,88
Balok 6	0,0269	0,9	1,03
Balok 7	0,0269	0,9	1,03
Balok 8	0,0269	0,9	1,03

Berdasarkan Tabel 6 dapat terlihat bahwa hanya balok 7 dan 8 yang memiliki nilai ϕ lebih tinggi daripada nilai ϕ teoritis berdasarkan SNI 2847-2019. Adapun balok lainnya memiliki nilai ϕ yang lebih rendah dari nilai ϕ teoritis. Hal ini berarti nilai ϕ SNI 2847-2019 baru kompatibel dengan balok beton bertulang yang menggunakan semen Power Max dengan mutu rencana $f_c' = 25$ MPa.

Adapun balok 1,2,3,4 dan 5 menghasilkan nilai ϕ yang belum kompatibel dengan SNI 2847-2019. Hal ini terjadi karena kuat tekan beton yang menggunakan semen jenis PCC memiliki nilai dengan deviasi yang cukup lebar (Yulianto, 2021) sehingga menghasilkan nilai ketidak pastian kuat lentu balok yang cukup lebar pula.

Dengan nilai kuat tekan beton yang berdeviasi cukup lebar, maka ketidak pastian kuat lentur dari struktur yang menggunakan beton tersebut juga lebih tinggi sehingga nilai faktor reduksinya lebih rendah dari SNI.

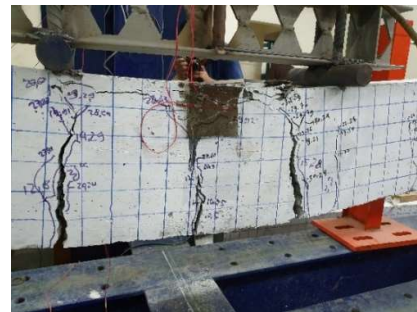
Pola Keruntuhan Balok Beton Bertulang

Pada pengujian lentur balok, semua balok mengalami retak lentur kecuali balok 6 yang mengalami gagal geser (Gambar 9). Retakan dimulai dari bagian bawah lalu secara perlahan seiring bertambah beban merambat lurus ke atas hingga ke daerah tekan dan

semakin melebar disertai dengan munculnya retakan baru di daerah berdekatan dengan ciri yang sama. Seluruh balok kontrol mencapai beban *ultimite* saat beton pada daerah tekan pecah. Pecahnya beton pada sisi tekan diantara dua titik beban. Lendutan akhir yang terjadi pada balok saat beban *ultimite* sangat besar, hal ini mengindikasikan baja tulangan telah leleh namun tidak putus.



Gambar 5. Keruntuhan Tipikal Balok 1&2



Gambar 6. Keruntuhan Tipikal Balok 1&2

Berbeda dengan balok lainnya, balok 6 justru mengalami gagal geser karena retak yang terjadi tidak lurus ke atas namun diagonal dimulai dari titik di bawah beban menuju ke arah tumpuan.

Hal ini mengindikasikan struktur yang menggunakan pasta semen Holcim power max yang cukup banyak ($f_c' = 25$ MPa) memiliki kuat geser yang lebih rendah dari pada beton yang memiliki pasta semen yang lebih sedikit ($f_c' = 20$ MPa). Hal ini perlu diteliti lebih lanjut berkaitan dengan sifat kuat geser dari beton power max.



Gambar 7. Keruntuhan Balok 3,4 &5



Gambar 10. Kondisi Tulangan Balok 6 (belum putus)



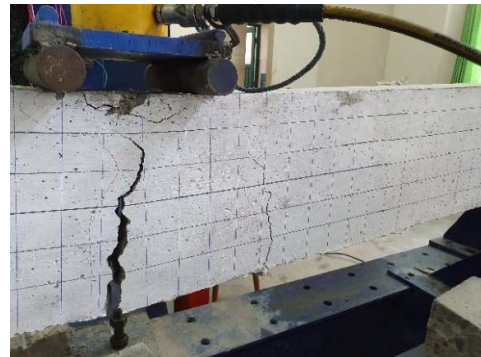
Gambar 8. Tipikal pola retak balok 5



Gambar 11. Keruntuhan Tipikal Balok 7



Gambar 9. Keruntuhan Balok 6



Gambar 12. Tipikal pola retak Balok 7

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan diperoleh hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat kami simpulkan bahwa.

1. Penggunaan semen Holcim Power Max baru dapat meningkatkan kuat lentur balok beton bertulang jika digunakan pada mutu beton rencana $f_c' = 25$ MPa,
2. Nilai faktor reduksi kuat lentur SNI 2847-2019 ($\phi = 0,9$) baru aman digunakan pada balok beton bertulang yang menggunakan Semen Holcim Power Max pada mutu beton rencana $f_c' = 25$ MPa.
3. Semen Holcim Power Max direkomendasikan pemakaiannya pada struktur lentur jika mutu rencana beton $f_c' = 25$ MPa untuk mendapatkan kuat lentur yang lebih baik. Namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kuat gesernya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia atas dukungan penuh pendanaan penelitian ini melalui program hibah penelitian jurusan 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- BSN. (1991). *Metode Pengujian Kuat Tarik Baja Beton SNI 07-2529-1991* (1 ed.). Jakarta: BSN.
- BSN. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal SNI 03-2843:2000*. Jakarta: BSN.
- BSN. (2002). *Baja Tulangan Beton* (1 ed.). Jakarta: BSN.
- BSN. (2004). *Semen Portland Komposit SNI 7064-2004*. Jakarta: BSN.
- BSN. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder SNI 1974:2011* (1 ed.). Jakarta: BSN.
- BSN. (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- BSN. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2019*. Jakarta: BSN.
- Intara, I. W. (2017). Perbedaan Umur Pencapaian Kuat Tekan Beton Dari Perekat Semen OPC, PPC dan PCC. *Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, 14(2), 82.
- MacCormac, J. (2001). *Desain Beton Bertulang* (1 ed.). Jakarta: Erlangga.
- Maulidi, R. (2017). *Pengaruh Penggunaan Semen PCC dan PPC Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Fas 0,4*. Banda Aceh: Universitas Syah Kuala.
- Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- PT Holcim. (2019). *Solusi untuk Struktur Bangunan yang Kuat dan Tahan Lama*. (PT Holcim Indonesia Tbk.) Retrieved June 15, 2019, from <http://solusiholcim.com/produk/holcim-powermax-solusi-untuk-struktur-bangunan-yang-kuat-dan-tahan-lama>
- Rasidi, N. (2005). Studi Eksperimental Perbandingan Nilai Faktor Reduksi Profil Baja Tabung Kotak di Indonesia. *PROC. ITB Sains&Tek*, 37 A(2), 155-169.
- Yulianto, H. (2021). Komparasi Kapasitas Nominal Lentur Pelat Komposit Beton-Dek Baja Antara Metode Ultimit, Tegangan Kerja dan SDI ANSI 2017. *Teknisia, XIIIV*(1), 1-10.
- Yulianto, H., Mustofa, M., & Yahya, Z. A. (2020). Karakteristik Beton Umur 28 Hari dengan Varian Portland Podzolan Cement. *Civil Engineering, Environmental and Disaster Risk Management Symposium* (hal. 390-396). Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.