

## Optimasi Biaya Konstruksi Dengan Menggunakan Beton Mutu Lebih Tinggi Untuk Mempercepat Pelaksanaan Pekerjaan Jembatan

Hinawan Teguh Santoso

Program Studi Teknologi Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Pekerjaan Umum

Email: [hteguhsantoso@gmail.com](mailto:hteguhsantoso@gmail.com)

### Abstract

*The construction of bridge is often constrained by environmental factors, including flooding. Kaligawe Bridge is located across the Banjir Kanal Timur (BKT) of Semarang City. In December 2018 to March 2019 there was an increase in rainfall which resulted in flooding at BKT and delayed the implementation of bridge replacement work. The demolition work on the existing pillars which should have been carried out since December 2018 and is targeted to be completed in February 2019, is constrained due to flooding. In addition, the depth of the existing plan pillar which was originally -3.50 meters below normal water level, so that the demolition can only be completed on May 31, 2019. From the 3 month delay, there is only 7 months left for completion of 2 bridges from June 2019 to the end of December 2019. Therefore, an acceleration strategy is needed to meet the completion target. One of the strategies implemented is to accelerate the concrete curing time for pillar and slabs by increasing the the designed concrete strength  $f'_c = 30$  MPa to strength  $f'_c = 35$  MPa. Thus, the curing time of concrete pillar and slab that were originally 21-28 days theoretically could be accelerated to less than 7 days. The use of higher concrete strength as a step to accelerate the concrete curing time is considered effective, with the potential for cost optimization of 2,90% of the contract value.*

**Key words:** *higher concrete strength, curing time, compressive strength, bridge*

### Abstrak

Pelaksanaan pekerjaan jembatan seringkali terkendala oleh faktor lingkungan, termasuk banjir. Jembatan Kaligawe terletak melintas di atas Banjir Kanal Timur (BKT), Kota Semarang. Pada bulan Desember 2018 hingga Maret 2019 terjadi kenaikan intensitas hujan yang mengakibatkan terjadinya banjir di BKT dan menghambat pelaksanaan pekerjaan penggantian jembatan. Pekerjaan pembongkaran pilar eksisting yang seharusnya dilaksanakan sejak bulan Desember 2018 dan ditargetkan selesai bulan Februari 2019, terkendala akibat banjir. Selain itu, kedalaman eksisting pilar rencana yang semula -3,50 meter di bawah muka air normal, aktual di lapangan menjadi -8.00 meter, sehingga pembongkaran baru dapat diselesaikan pada 31 Mei 2019. Dari keterlambatan 3 bulan tersebut, hanya tersisa waktu 7 bulan untuk penyelesaian 2 buah jembatan, yaitu dari Juni 2019 sampai akhir Desember 2019. Oleh karena itu, diperlukan strategi percepatan untuk dapat memenuhi target penyelesaian. Salah satu strategi yang diterapkan yaitu percepatan waktu tunggu umur beton pilar dan plat lantai dengan menaikkan mutu beton rencana  $f'_c = 30$  MPa menjadi mutu beton  $f'_c = 35$  MPa. Dengan demikian, waktu tunggu umur beton pilar dan plat lantai yang semula 21-28 hari secara teori dapat dipercepat kurang dari 7 hari. Penggunaan mutu beton lebih tinggi sebagai langkah percepatan waktu tunggu umur beton dirasa efektif, dengan potensi optimasi biaya sebesar 2,90 % terhadap nilai kontrak.

**Kata kunci:** mutu beton lebih tinggi, waktu tunggu, kuat tekan, jembatan

### I. PENDAHULUAN

Jembatan Kaligawe terletak di ruas Jln. Kaligawe KM 2+350, Kota Semarang, Jawa Tengah. Jembatan ini terdiri atas 2 buah jembatan, yaitu Jembatan Kaligawe A dan B yang berada di atas Banjir Kanal Timur (BKT), yang menghubungkan Kota Semarang dengan Kabupaten Demak. Adanya pengendapan dan sedimentasi menyebabkan bentuk badan sungai tidak lagi sesuai dengan bentuk normalisasi pada tahun 1980-an sehingga mengakibatkan penampang basah sungai berkurang. Banyaknya sampah yang tertahan dan menumpuk di bawah

Jembatan semakin memperparah berkurangnya penampang basah tersebut dan mengakibatkan terjadinya aliran balik (*backwater*). Sampah juga menyebabkan air sungai melimpas di atas tanggul. Pada tahun 2018 sampai dengan 2019, Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali-Juana telah melakukan pekerjaan normalisasi dan peninggian tanggul sungai Banjir Kanal Timur. Dalam rangka mendukung program tersebut dan memberikan tinggi jagaan (*freeboard*) jembatan terhadap banjir, ditambah lagi dengan tidak

adanya *clearance* saat ini maka perlu dilakukan peninggian terhadap Jembatan Kaligawe.

Panjang total Jembatan Kaligawe eksisting yaitu 66 meter yang terdiri atas 2 (dua) bentang dengan panjang masing-masing 30 meter (lihat Gambar 1). Jembatan eksisting ini mempunyai 2 buah abutmen dan 1 buah pilar di tengah sungai. Peninggian Jembatan Kaligawe didesain menggunakan tambahan 2 pilar baru, sehingga total menjadi 3 pilar dan 2 abutmen

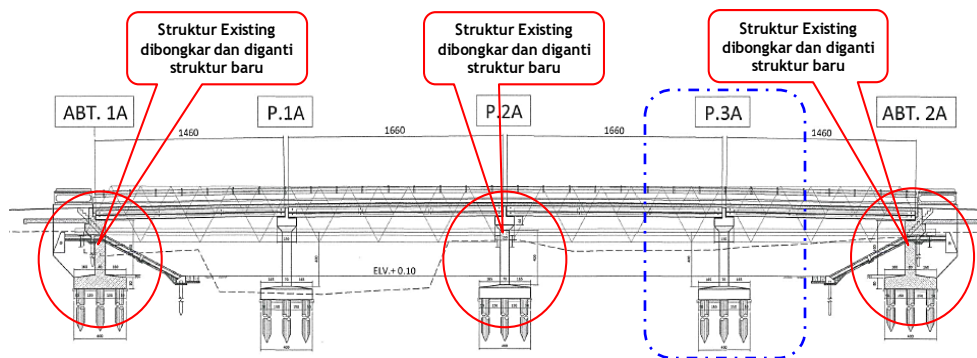
untuk masing-masing jembatan. Tinggi jagaan banjir (*freeboard*) rencana paling rendah yaitu 1,0 meter pada Elv. +4,05 meter berada di abutment atau naik sebesar 2,68 meter dari elevasi eksisting. Jika peninggian jembatan dan proses normalisasi BKT selesai dilaksanakan, diharapkan tidak terjadi lagi luapan air sungai melimpas di atas tanggul.



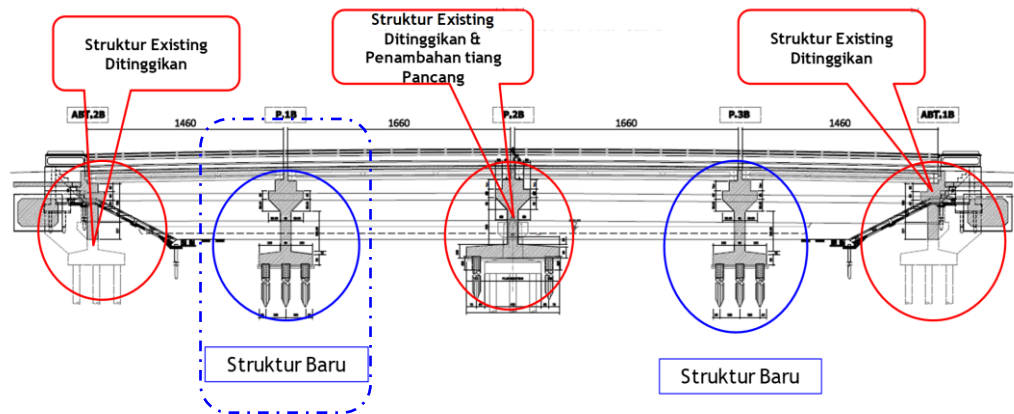
Gambar 1. Foto udara kondisi eksisting Jembatan Kaligawe (PPK 3.6, 2018)

Metode penggantian Jembatan A dilaksanakan dengan membongkar total seluruh bangunan atas dan bangunan bawah, kemudian dibangun 2 abutmen baru dan 3 pilar baru, serta pemasangan bangunan atas berupa *voided slab* (lihat Gambar 2). Sedangkan penggantian Jembatan B dilakukan dengan membongkar bangunan atas, peninggian 2 abutmen dan 1 pilar,

serta penambahan 2 pilar baru (lihat Gambar 3). Waktu pelaksanaan penggantian untuk 2 buah jembatan tersebut ditargetkan selesai dalam waktu 14 bulan, yaitu dari bulan Oktober 2018 sampai Desember 2019. Penggantian jembatan dilakukan dengan skema kontrak tahun jamak 2018-2019 sebesar Rp. 33 milyar lebih. (PPK 3.6, 2018).



Gambar 2. Potongan memanjang rencana Jembatan Kaligawe A (PPK 3.6, 2018)



Gambar 3. Potongan memanjang rencana Jembatan Kaligawe B (PPK 3.6, 2018)

Skema pelaksanaan penggantian kedua jembatan tidak dapat dilakukan secara serentak mengingat berada pada jalur lalu lintas utama. Pada saat Jembatan A dibongkar dan dikerjakan, lalu lintas dialihkan melalui Jembatan B, demikian sebaliknya. Pada saat pelaksanaan pembongkaran pilar tengah eksisting Jembatan A, terdapat kendala tentang kedalaman *footing*. Dalam gambar rencana, *footing* berada pada elevasi -3,50 meter, namun pada saat dibongkar ternyata mencapai kedalaman elevasi -8.0 meter di bawah muka air normal. Selain itu, pembongkaran juga terkendala karena adanya banjir kiriman BKT akibat cuaca ekstrim yang terjadi pada Desember 2018 - Maret 2019. Pembongkaran pilar mulai dilaksanakan pada bulan Desember 2018 dan ditargetkan selesai pada Februari 2019. Akibat berbagai kendala tersebut, pembongkaran baru dapat diselesaikan pada 31 Mei 2019 atau mundur 3 bulan dari rencana.

Karena keterlambatan tersebut, sisa waktu untuk penyelesaian pekerjaan untuk 2 buah jembatan sampai akhir Desember 2019 tinggal tersisa 7 bulan. Apabila terjadi keterlambatan, merujuk pada Dokumen Kontrak, Penyedia Jasa dapat diberikan kesempatan untuk menyelesaikan pekerjaan sampai dengan 50 hari kalender dengan nilai denda sebesar 1/1000 dari total kontrak (PPK 3.6, 2018). Oleh karena itu, diperlukan strategi percepatan untuk dapat memenuhi target penyelesaian pekerjaan.

Salah satu lintasan kritis untuk mencapai target penyelesaian pekerjaan yaitu pemasangan bangunan atas yang berupa *voided slab*. Solusi yang diusulkan adalah percepatan waktu tunggu umur (*curing time*) beton pilar pada saat pengecoran dengan menggunakan mutu beton yang lebih tinggi. Jika strategi tersebut diikuti, waktu tunggu umur beton pilar yang semula 21-28 hari untuk mencapai kuat tekan rencana dipercepat menjadi kurang dari 7 hari. Strategi percepatan juga dilakukan pada pengecoran plat

lantai jembatan dengan tujuan pembukaan lalu lintas (*open traffic*) lebih awal.

Susanto, dkk (2020) melakukan kajian penerapan beton dengan mutu awal lebih tinggi pada pembangunan jembatan *balanced cantilever* secara *cast in situ*. Percepatan waktu konstruksi dilakukan dengan memperpendek waktu siklus pengecoran beton dari semula 7 hari menjadi 5 hari dengan memangkas *curing time* beton, dengan ketentuan kuat tekan harus mencapai 80% mutu rencana beton agar dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya. Namun demikian, besarnya optimasi biaya yang diperoleh dari percepatan waktu konstruksi belum ditinjau lebih lanjut.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Beton

Beton merupakan campuran antara semen *portland* (atau semen hidraulik yang setara), agregat halus, agregat kasar, dan air baik dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (Binamarga, 2018). Untuk mendapatkan beton dengan mutu yang direncanakan, diperlukan suatu rancangan campuran (*mix design*) yang berisi besaran jumlah dan komposisi dari masing-masing bahan penyusun beton. Rancangan campuran ini disusun sebelum pengecoran beton dimulai, disertai dengan rangkaian pengujian bahan dan pengujian percobaan campuran beton di laboratorium berdasarkan kuat tekan beton pada umur 3, 7 dan 28 hari.

Penggunaan material beton sangat beragam, disesuaikan menurut jenis dan mutu beton, serta tipe dan fungsi struktur yang dibangun. Binamarga (2018) menjelaskan penggunaan beton dalam pekerjaan jalan dan jembatan, seperti tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Mutu beton dan penggunaan (Binamarga, 2018)

Beton	$f'_c$ (MPa)	Penggunaan
Mutu tinggi	$f'_c \geq 45$	Beton pratekan, seperti tiang pancang pratekan, gelagar pratekan, pelat pratekan, diafragma pratekan, dan sejenisnya
Mutu sedang	$20 \leq f'_c < 45$	Beton bertulang, seperti pelat lantai, gelagar beton, diafragma, kerb pracetak, gorong-gorong, bangunan bawah jembatan, perkerasan beton semen.
Mutu rendah	$15 \leq f'_c < 20$	Beton tanpa tulangan, seperti beton siklop, trotoar
	$f'_c < 15$	Lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton

## 2.2. Mutu Beton

Binamarga (2018) juga memberikan persyaratan mutu beton yang digunakan dalam pekerjaan, yaitu harus memenuhi syarat:

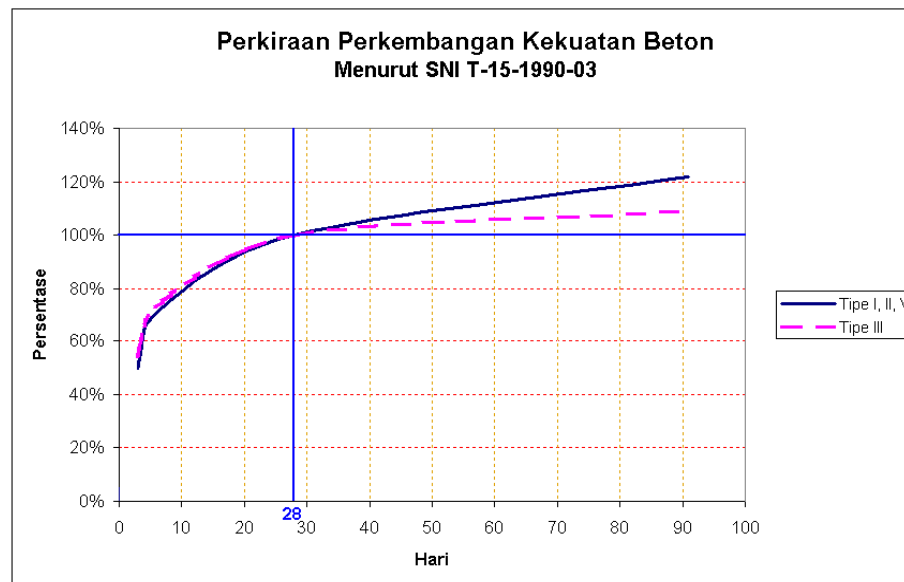
- Kelecekan atau *workability*, yang dinyatakan dengan besaran nilai *slump*,
- Kekuatan atau *strength*, yang dinyatakan dengan nilai kuat tekan, dan
- Keawetan atau *durability*, yang dinyatakan dengan ketahanan terhadap cuaca, abrasi, kekedapan dan kimia.

Berdasar ketentuan di atas, salah satu pengendalian mutu pekerjaan beton dapat ditinjau berdasar nilai kuat tekannya. Pengujian nilai kuat tekan beton berpedoman pada SNI 1974:2011 tentang cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. BSN (2011) menyatakan kuat tekan beton adalah besarnya beban aksial yang diterima oleh benda uji silinder per satuan luas hingga benda uji mengalami kehancuran. Kuat tekan beton dihitung dengan membagi beban aksial maksimum yang diterima benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang rata dari benda uji.

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A}$$

dimana,  $P$  adalah gaya tekan aksial (*Newton*) dan  $A$  adalah luas penampang melintang benda uji ( $\text{mm}^2$ ). Kuat tekan beton direpresentasikan sebagai tegangan maksimum  $f'_c$  dengan satuan  $\text{N/mm}^2$  atau MPa.

Nilai kuat tekan beton akan bertambah seiring dengan umur beton. Dalam hal ini, nilai kuat tekan ditentukan ketika beton mencapai umur 28 hari setelah pengecoran. Departemen PU (1990) memperkirakan besarnya kuat tekan beton normal pada umur 7 hari dapat mencapai 60-70% dan pada umur 14 hari mencapai 85%-90% dari kuat tekan beton pada umur 28 hari.



Gambar 3. Perkiraan perkembangan kekuatan beton (Dep. Pekerjaan Umum, 1990)

## III. METODE

### 2.1. Material Beton

Material beton yang digunakan dalam pelaksanaan pengecoran struktur pilar mempunyai mutu  $f'_c = 30$  MPa. Akan tetapi, untuk percepatan waktu tunggu umur beton diusulkan penggunaan beton dengan mutu  $f'_c = 35$

MPa. Material beton berasal dari produksi *batching plant* PT. Jati Kencana Beton (JKB) yang berlokasi  $\pm 5,0$  km dari lokasi pekerjaan. Material dan mutu beton yang digunakan tersaji dalam Tabel 2.

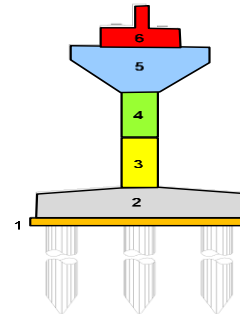
Tabel 2. Material beton yang digunakan

No	Material	Mutu (MPa)	Produksi
1	Beton Rencana	$f'_c = 30,0$	PT. JKB
2	Beton Percepatan	$f'_c = 35,0$	PT. JKB

**2.2. Metode Pelaksanaan**

Pilar yang menggunakan percepatan umur beton adalah Pilar P3A Jembatan A dan Pilar P1B Jembatan B. Secara umum, pelaksanaan pengecoran struktur pilar jembatan dilaksanakan dalam 6 tahapan pengecoran seperti terlihat pada Gambar 4, yaitu:

- (1) Tahap 1 – memotong tiang pancang dan mengecor beton kurus (*lean concrete*)
- (2) Tahap 2 – mengecor *footing* pilar
- (3) Tahap 3 – mengecor badan pilar ke-1
- (4) Tahap 4 – mengecor badan pilar ke-2
- (5) Tahap 5 – mengecor *jacking* pilar
- (6) Tahap 6 – mengecor kepala pilar (*pierhead*)



Gambar 4. Tahapan pengecoran struktur pilar

Pengecoran pilar di lokasi aliran banjir BKT tidak dapat dilaksanakan secara serentak, mengingat dipersyaratkan bukaan tampang basah aliran minimal selebar 10 meter sebagai langkah antisipasi banjir. Pengerjaan pengecoran dilaksanakan secara bergantian untuk tiap-tiap pilar dengan durasi 15 hari kalender, termasuk di dalamnya pekerjaan pemotongan kepala tiang pancang, pembesian dan pemasangan bekisting (lihat Tabel 3).

Tabel 3. Jadwal pengecoran struktur pilar

NO	URAIAN PEKERJAAN	HARI KE-														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Pemancangan tiang pancang + Cor <i>Lean Concrete</i>	■	■													
2	Pembesian + Bekisting + Pembesian <i>Footing</i>			■	■	■										
3	Pembesian + Bekisting + Pembesian Badan 1						■	■	■							
4	Pembesian + Bekisting + Pembesian Badan 2									■	■	■				
5	Pembesian + Bekisting + Pembesian <i>Head Jacking</i>												■	■		
6	Pembesian + Bekisting + Pembesian <i>Pierhead</i>														■	■

Pekerjaan pengecoran pilar terakhir Jembatan A (pilar P3A), yang telah direncanakan dalam 6 tahap pengecoran selama 15 hari, dihadapkan pada rencana pemasangan struktur atas *voided slab* yang akan dilaksanakan pada hari ke-22 atau 7 hari setelah pelaksanaan pekerjaan cor tahap 6 pilar P3A. Secara teoritis, pekerjaan pemasangan struktur atas *voided slab* dilaksanakan setelah beton pilar mencapai mutu rencananya yaitu pada umur 21-28 hari. Untuk dapat memangkas waktu tunggu pemasangan *voided slab*, dilakukan percepatan umur tunggu (*curing time*) beton dengan menaikkan mutu beton pilar yang semula  $f'_c = 30$  Mpa menjadi  $f'_c = 35$  MPa. Hal ini dilakukan dengan harapan pada umur kurang dari 7 hari, beton sudah mampu menahan beban *voided slab*. Hal yang sama diberlakukan juga pada pilar P1B Jembatan B

yang merupakan pilar terakhir yang dilakukan pengecoran.

Pekerjaan cor plat lantai akan dimulai setelah pemasangan *voided slab* selesai dilaksanakan. Pengecoran ini dilakukan dalam waktu 7 hari, termasuk di dalamnya pekerjaan pembesian dan bekisting. Agar pelaksanaan Jembatan B dapat segera di mulai, Jembatan A harus sesegera mungkin dibuka untuk pengalihan lalu lintas. Untuk dapat mengoptimalkan waktu, dilakukan percepatan dengan menaikkan mutu beton lantai yang semula  $f'_c = 30$  Mpa menjadi  $f'_c = 35$  MPa dengan harapan pada umur beton kurang dari 7 hari sudah dapat dilakukan *open traffic*. Jadwal pekerjaan pengecoran pilar, pemasangan *voided slab* dan pengecoran lantai disajikan pada Tabel 4.



Tabel 4. Jadwal pekerjaan pengecoran dan pemasangan voided slab

NO	URAIAN PEKERJAAN	HARI KE-																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1	Cor pilar P3A dengan mutu beton lebih tinggi	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Erection voided slab (P2A – P1A )															■	■	■	■														
3	Erection voided slab (P1A – ABT.1A)																	■	■	■													
4	Erection voided slab (P2A – P3A)																			■	■	■	■										
5	Erection voided slab (P3A – ABT.2A)																					■	■	■	■								
6	Pembesian dan cor lantai																										■	■	■	■	■	■	■

IV. HASIL DAN DISKUSI

Hasil uji kuat tekan beton untuk mutu beton rencana  $f'_c = 30$  MPa dan mutu beton percepatan  $f'_c = 35$  MPa pada pilar P3A tersaji pada Tabel 5 dan pilar P1B pada Tabel 6, sedangkan hasil uji kuat tekan beton lantai tersaji pada Tabel 7.

Tabel 5. Hasil uji kuat tekan beton pilar P3A

No	Beton	Lokasi	Kuat Tekan (MPa)	
			7 hari	28 hari
1	$f'_c$ 30	Footing P3A	22,64	32,82
			25,47	34,52
			28,29	-
2	$f'_c$ 30	Badan P3A	29,43	38,48
			28,86	37,92
			31,12	33,39
<b>Rata-rata</b>			<b>27,63</b>	<b>35,43</b>
<b>% terhadap <math>f'_c</math> 30</b>			<b>92,1 %</b>	<b>118,1 %</b>
3	$f'_c$ 35	Jacking P3A	35,65	41,29
			35,09	41,86
			34,52	39,03
4	$f'_c$ 35	Pierhead P3A	32,82	40,16
			32,82	40,73
			39,61	39,60
<b>Rata-rata</b>			<b>35,09</b>	<b>40,45</b>
<b>% terhadap <math>f'_c</math> 30</b>			<b>117,0 %</b>	<b>134,8 %</b>

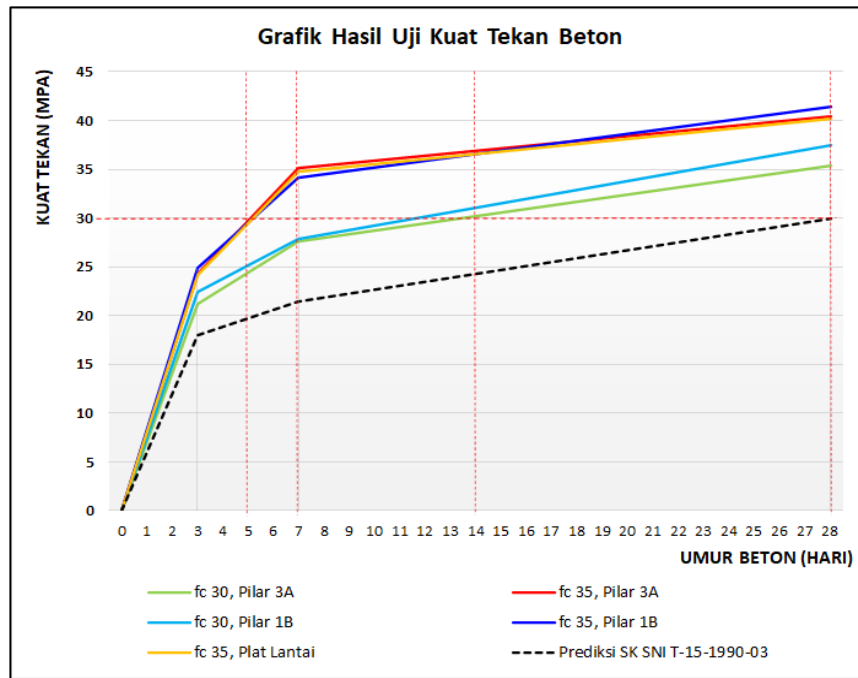
Tabel 6. Hasil uji kuat tekan beton pilar P1B

No	Beton	Lokasi	Kuat Tekan (MPa)	
			7 hari	28 hari
1	$f'_c$ 30	Footing P1B	27,16	38,48
			28,29	34,52
			26,60	-
2	$f'_c$ 30	Badan P1B	29,99	37,92
			27,16	37,92
			-	38,48
<b>Rata-rata</b>			<b>27,63</b>	<b>37,46</b>
<b>% terhadap <math>f'_c</math> 30</b>			<b>92,8 %</b>	<b>124,9 %</b>
3	$f'_c$ 35	Jacking P1B	33,95	37,35
			30,56	43,01
			-	41,88
4	$f'_c$ 35	Pierhead P1B	35,65	41,31
			36,22	43,01
			-	41,88
<b>Rata-rata</b>			<b>34,10</b>	<b>41,40</b>
<b>% terhadap <math>f'_c</math> 30</b>			<b>113,7 %</b>	<b>138,0 %</b>

Tabel 7. Hasil uji kuat tekan beton plat lantai

Beton	Lokasi	Kuat Tekan (MPa)	
		7 hari	28 hari
$f'_c$ 35	Plat Lantai	35,09	40,18
		35,65	39,05
		33,39	41,31
<b>Rata-rata</b>		<b>34,71</b>	<b>40,18</b>
<b>% terhadap <math>f'_c</math> 30</b>		<b>115,7 %</b>	<b>133,9 %</b>

Grafik hasil uji kuat tekan beton pada Gambar 5 disajikan untuk mempermudah pemahaman perbandingan antara hasil uji kuat tekan beton mutu  $f'_c = 30$  MPa, mutu  $f'_c = 35$  MPa, dan perkiraan perkembangan kekuatan beton normal menurut SK SNI T-15-1990-03.



Gambar 5. Grafik hasil uji kuat tekan beton pada pilar P3A dan P1B

Berdasarkan grafik pada Gambar 5, dapat diketahui bahwa mutu beton rencana  $f'_c = 30$  MPa dapat dicapai di lapangan pada saat umur beton 14 hari. Akan tetapi, dengan menggunakan beton percepatan  $f'_c = 35$  MPa, kuat tekan rencana dapat dicapai ketika umur beton 5 hari. Dengan demikian, penggunaan beton percepatan cukup efektif untuk memangkas waktu tunggu umur beton, sehingga pemasangan *voided slab* dapat dilaksanakan sesuai jadwal pada umur 6 hari setelah pengecoran atau dipercepat 8 hari lebih awal. Untuk plat lantai jembatan, pelaksanaan *open traffic* baru dapat dilaksanakan pada hari ke-7 atau dipercepat 7 hari lebih awal karena masih adanya pekerjaan lanjutan, seperti: cor beton parapet, pengaspalan, dan marka jalan.

Untuk dapat mengetahui pengaruh efektifitas penggunaan mutu beton lebih tinggi terhadap biaya konstruksi, dilakukan perhitungan selisih harga beton rencana dan beton percepatan terhadap potensi denda apabila penyelesaian proyek tersebut mengalami keterlambatan. Volume dan harga satuan pekerjaan cor diperoleh dari Dokumen Kontrak. Harga satuan pekerjaan cor dimaksud termasuk di dalamnya pekerjaan pembesian, bekisting, dan cor beton.

Tabel 8. Estimasi harga pekerjaan cor tiap pilar tanpa beton percepatan

No	Beton	Lokasi	Vol. (m <sup>3</sup> )	Harga Satuan	Total Harga (Rp)
1	$f'_c$ 10	B. Kurus	5,25	961.750	5.048.243
2	$f'_c$ 30	Footing	45,26	1.549.320	70.122.223
3	$f'_c$ 30	Badan 1	14,29	1.549.320	22.139.783
4	$f'_c$ 30	Badan 2	14,29	1.549.320	44.295.059
5	$f'_c$ 30	Jacking	37,77	1.549.320	58.517.816
6	$f'_c$ 30	Pierhead	17,93	1.549.320	27.779.308
<b>TOTAL :</b>					<b>227.902.431</b>

Tabel 9. Estimasi harga pekerjaan cor tiap pilar dengan beton percepatan

No	Beton	Lokasi	Vol. (m <sup>3</sup> )	Harga Satuan	Total Harga (Rp)
1	$f'_c$ 10	B. Kurus	5,25	961.750	5.048.243
2	$f'_c$ 30	Footing	45,26	1.549.320	70.122.223
3	$f'_c$ 30	Badan 1	14,29	1.549.320	22.139.783
4	$f'_c$ 30	Badan 2	14,29	1.549.320	44.295.059
5	$f'_c$ 35	Jacking	37,77	1.639.320	61.917.116
6	$f'_c$ 35	Pierhead	17,93	1.639.320	29.393.008
<b>TOTAL :</b>					<b>232.915.431</b>

Berdasarkan Tabel 8 dan 9 di atas, terdapat selisih harga pekerjaan cor beton pilar sebesar Rp. 5 juta untuk tiap pilarnya. Dengan demikian, total selisih harga untuk pilar P3A dan P1B menjadi Rp.10 juta.

Tabel 10. Estimasi harga pekerjaan cor plat lantai tanpa beton percepatan

No	Beton	Lokasi	Vol. (m <sup>3</sup> )	Harga Satuan	Total Harga (Rp)
1	$f'_c$ 30	Lantai A	125,28	1.123.961	140.809.834
2	$f'_c$ 30	Lantai B	125,28	1.123.961	140.809.834
				<b>TOTAL :</b>	<b>281.619.668</b>

Tabel 11. Estimasi harga pekerjaan cor plat lantai dengan beton percepatan

No	Beton	Lokasi	Vol. (m <sup>3</sup> )	Harga Satuan	Total Harga (Rp)
1	$f'_c$ 35	Lantai A	125,28	1.213.961	152.085.034
2	$f'_c$ 35	Lantai B	125,28	1.213.961	152.085.034
				<b>TOTAL :</b>	<b>304.170.068</b>

Berdasarkan Tabel 10 dan 11 di atas, terdapat selisih harga pekerjaan cor beton plat lantai sebesar Rp. 22,5 juta untuk total Jembatan A dan B. Rekapitulasi potensi optimasi biaya konstruksi dengan penggunaan mutu beton lebih tinggi disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Potensi optimasi biaya konstruksi

Lokasi	Percepatan (hari)	Potensi Optimasi	Total Optimasi (Rp)
Pilar P3A	8 hari	33.080.000	264.640.000
Pilar P1B	8 hari	33.080.000	264.640.000
Lantai A	7 hari	33.080.000	264.640.000
Lantai B	7 hari	33.080.000	264.640.000
<b>JUMLAH</b>			992.400.000
Selisih harga pekerjaan cor beton			32.576.400
Total optimasi biaya			959.823.600
Nilai kontrak			33.080.000.000
<b>Potensi optimasi terhadap kontrak</b>			<b>2,90 %</b>

Potensi optimasi dihitung berdasarkan besaran nilai denda keterlambatan (1/1000) dikalikan dengan nilai kontrak dan jumlah hari keterlambatan. Dari Tabel 12, dapat diketahui bahwa dengan penerapan strategi tersebut didapatkan total waktu percepatan pelaksanaan pekerjaan selama 30 hari. Dari sisi biaya, dengan hanya mengeluarkan biaya tambahan untuk penggunaan mutu beton lebih tinggi sekitar Rp. 32,6 juta (atau 0,10% dari nilai kontak) maka dapat diperoleh potensi optimasi biaya konstruksi sebesar Rp. 960 juta (atau 2,90% dari nilai kontrak).

## V. KESIMPULAN

- Mutu beton di lapangan sangat baik dan telah memenuhi spesifikasi mutu beton yang disyaratkan. Hasil uji kuat tekan beton rata-rata untuk umur 7 hari, baik untuk beton  $f'_c = 30$  MPa maupun  $f'_c = 35$  MPa, nilainya sudah mencapai lebih dari 92% jika dibandingkan dengan mutu beton rencana pada umur 28 hari.
- Secara teoritis, penggunaan mutu beton  $f'_c = 35$  MPa akan meningkatkan mutu beton sebesar 16,67% jika dibandingkan dengan mutu beton rencana  $f'_c = 30$  MPa. Secara aktual lapangan, penggunaan mutu beton  $f'_c = 35$  MPa dapat meningkatkan mutu beton sebesar 34,8% – 38,0% atau 2 – 2,3 kali bila dibandingkan dengan mutu beton rencana.
- Penggunaan mutu beton lebih tinggi, yaitu  $f'_c = 35$  MPa, cukup efektif digunakan sebagai langkah percepatan waktu tunggu umur beton. Kuat tekan rencana yang semula tercapai dalam waktu 14 hari setelah pengecoran, dapat dipersingkat menjadi 5 hari saja.
- Penggunaan mutu beton lebih tinggi, yaitu  $f'_c = 35$  MPa, berpotensi memberikan optimalisasi biaya konstruksi sebesar Rp. 960 juta atau 2,90% dari nilai kontrak.

## REFERENSI

- Binamarga, (2018), “*Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Revisi 1*”. Jakarta.
- BSN, (2011), “*SNI 1974:2011 tentang Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*”, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, (1990), “*SK SNI T-15-1990-03 Tentang Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal*”. Jakarta.
- PPK 3.6 Provinsi Jawa Tengah, (2018), “*Dokumen Kontrak Paket Penggantian Jembatan Kaligawe, Cs*”, Semarang.
- PPK 3.6 Provinsi Jawa Tengah, (2018), “*Laporan Hasil Uji Kuat Tekan Beton Paket Penggantian Jembatan Kaligawe, Cs*”, Semarang.
- PPK 3.6 Provinsi Jawa Tengah, (2018), “*Shop Drawing Paket Penggantian Jembatan Kaligawe, Cs*”, Semarang.
- Susanto, D.A., Purba, A., dan Murdapa, F., (2020), “*Penerapan Beton Kekuatan Awal*”



*Tinggi Untuk Percepatan Pekerjaan Jembatan Cast in Place Balanced Cantilever Prestressed Box Girder*", Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung, halaman 5-10.