

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pendahuluan

Bab ini akan membahas tiga aspek utama yang mempengaruhi waktu pelaksanaan perkerasan rigid, yaitu cara mempercepat proses pelaksanaan, faktor-faktor yang mempengaruhi waktu pelaksanaan, dan perbandingan kekuatan serta biaya antara beton normal dengan beton yang menggunakan bahan aditif. Efisiensi waktu pelaksanaan merupakan salah satu aspek kunci yang menentukan keberhasilan proyek konstruksi jalan. Dengan memahami dan mengelola faktor-faktor ini, diharapkan waktu pelaksanaan perkerasan rigid dapat lebih efisien dan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.

4.1 Efisiensi Waktu dalam Pelaksanaan

Dalam industri konstruksi, efisiensi waktu pelaksanaan merupakan salah satu aspek kunci yang menentukan keberhasilan suatu proyek. Perkerasan rigid, atau perkerasan kaku, adalah jenis konstruksi jalan yang menggunakan beton sebagai material utama. Adanya tuntutan waktu terhadap progress pelaksanaan proyek sering kali memaksa agar beton dapat menunjukkan performance optimalnya di waktu lebih cepat dari waktu yang dibutuhkan beton normal.

Analisis waktu pelaksanaan fokus pada perbandingan antara pengerasan dengan bahan aditif dan non-aditif. Hasil menunjukkan bahwa

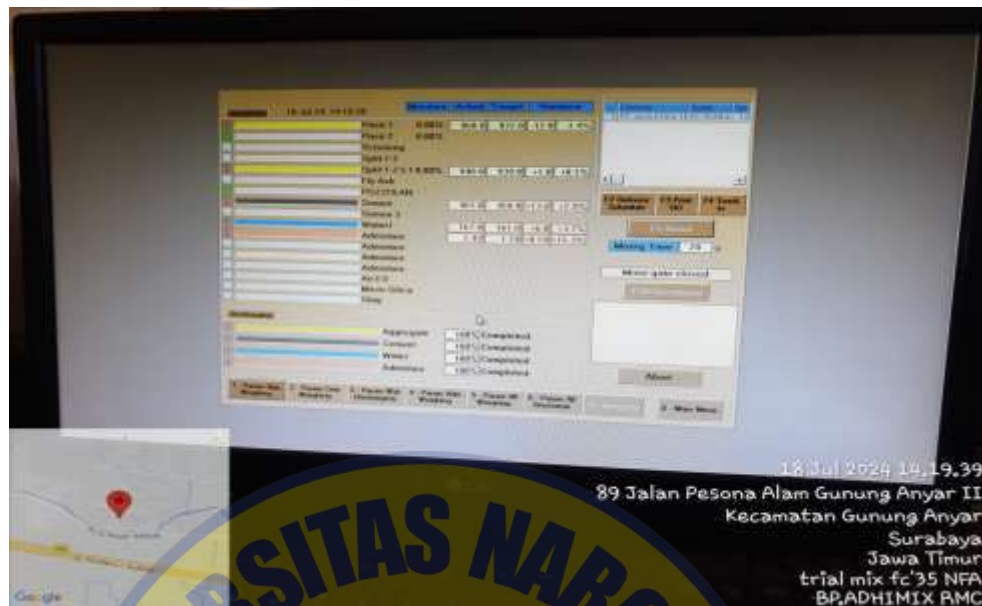
pengerasan dengan bahan aditif memakan waktu lebih singkat dibandingkan dengan non-aditif. Alasannya adalah bahan aditif mempercepat proses pengeringan dan pengerasan beton, sehingga mengurangi total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek.

4.1.1 Mix Desain Beton $f_c'25$

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium PT.Kadiri Sarana Bhakti yang beralamatkan di Dsn Winongsari, Kediri, 64151, Winongsari Kulon, Bakalan, Grogol, Kediri Regency, East Java 64151. Perencanaan campuran adukan beton dalam penelitian ini menggunakan metode American Civil Institute(ACI 211.1-91) yaitu dengan asumsi beton normal dengan kuat tekan $f_c'25$.



Gambar 4.1 Pelaksanaan trial mix



Gambar 4.2 Proporsi Campuran fc'25

Kemudian dilakukan uji slump, Percobaan slump ini dilakukan untuk mengukur tingkat kelecakan dari adukan beton. Percobaan ini menggunakan alat antara lain corong baja yang berbentuk konus berlobang pada kedua ujungnya, tongkat baja dengan bagian ujungnya tajam, lempengan besi untuk meletakkan corong baja agar rata. Corong baja diatas lempeng besi dengan diameter besar dibawah, dan diameter kecil diatas. Masukkan adukan beton muda kedalam corong baja sebanyak $\frac{1}{3}$ (sepertiga) dari volume corong dan ditumbuk sebanyak 25 (dua puluh lima) kali dengan tongkat baja. Setelah itu diamkan selama kurang lebih 60 detik dan kemudian angkat corong keatas secara vertical.



Gambar 4.3 Slump test trial mix fc'25



Gambar 4.4 Pembuatan benda uji silinder

Berikut adalah tabel mix desain FC'25 untuk beton normal dan beton menggunakan bahan aditif:

Tabel 4.1 mix desain beton

Komponen	Beton Normal	Beton dengan Bahan Aditif
Semen (kg/m ³)	300	300
Pasir (kg/m ³)	750	750
Kerikil (kg/m ³)	1100	1100
Air (kg/m ³)	180	160
Bahan Aditif (kg/m ³)	-	5
W/C Ratio	0.60	0.53
Kekuatan Tekan (Mpa)	25	30
Slump (mm)	100-120	100-120

Sumber : Hasil Pengujian

Penjelasan :

- Semen, Pasir, Kerikil: Bahan utama yang sama untuk kedua jenis beton.
- Air: Penggunaan air pada beton dengan bahan aditif sedikit berkurang untuk mengontrol W/C ratio (water-cement ratio).
- Bahan Aditif: Ditambahkan pada beton dengan bahan aditif Superplastizer untuk meningkatkan performa beton seperti workability atau kekuatan tekan.
- W/C Ratio: Rasio air terhadap semen lebih rendah pada beton dengan bahan aditif untuk mengurangi porositas dan meningkatkan kekuatan.
- Kekuatan Tekan: Beton dengan bahan aditif cenderung memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi.

- Slump: Beton dengan bahan aditif biasanya memiliki nilai slump lebih tinggi yang menunjukkan workability yang lebih baik.

4.1.2 Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Penentuan kekuatan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM C-39. Kuat tekan juga dipengaruhi oleh faktor air semen, yaitu perbandingan antara berat air dengan berat semen. Selain itu kekuatan agregat juga sangat menentukan mutu beton. Untuk menentukan mutu beton menurut SK SNI dibuat berbentuk silinder 15 cm dan tinggi 30 cm.



Gambar 4.5 sampel benda uji fc'25

Setelah melewati masa perawatan atau perendaman, benda uji perlu dikeluarkan untuk dipersiapkan guna uji kuat tekan silinder sesuai umur harinya (7, 14, dan 28 hari). ukuran silinder beton yang dites adalah Ø15.



Gambar 4.6 tes kuat tekan beton

Adapun rumus untuk kuat tekan :

$$f_c = P : A$$

keterangan:

f_c = kuat tekan beton (*compressive strenght*) MPa

P = gaya tekan maksimal dengan satuan Newton (N)

A = luas penampang dari benda uji (mm)

4.1.3 Analisis Waktu Pelaksanaan

Beton Normal (Non-Additif) :

- Durasi Pelaksanaan : 28 hari
- Rata-rata Kuat Tekan :

15.35 MPa (7 hari), 20,18 Mpa (14 hari) dan 25.12 MPa (28 hari)

Beton dengan Bahan Aditif :

- Durasi Pelaksanaan : 14 hari

- Rata-rata Kuat Tekan :

18,35 MPa (7 hari), 25,35 Mpa (14 hari), 30.35 MPa (28 hari)

4.1.4 Perbandingan Waktu Pelaksanaan

Tabel 4.2 perbandingan waktu pengerasan beton

Durasi Pelaksanaan (Hari)	Kuat Tekan 7 Hari	Kuat Tekan 14 Hari	Kuat Tekan 28 Hari
Beton Normal	15.35	20,18	25.12
Beton dengan Aditif	18,58	25,35	30.35

Sumber : Hasil Pengujian

Waktu Pelaksanaan: Penggunaan bahan aditif mengurangi durasi pelaksanaan dari 28 hari menjadi 14 hari, mempercepat proses pengerjaan hingga 2 kali lipat.

Asumsi Pelaksanaan di Lapangan

a) Beton Normal :

- Waktu untuk mencapai kekuatan 25 MPa ($f_c'25$): 28 hari
- Total durasi pelaksanaan termasuk curing: 28 hari

b) Beton dengan Bahan Additif :

- Waktu untuk mencapai kekuatan 25 MPa ($f_c'25$) dengan percepatan: 14 hari
- Total durasi pelaksanaan termasuk curing: 14 hari

Perhitungan Selisih Hari

Selisih hari dapat dihitung dengan mengurangi total durasi pelaksanaan beton dengan bahan additif dari total durasi pelaksanaan beton normal.

$$\text{Selisih Hari} = \text{Durasi Pelaksanaan Beton Normal} - \text{Durasi Pelaksanaan Beton Additif}$$

$$\text{Selisih Hari} = 28 \text{ hari} - 14 \text{ hari} = 14 \text{ hari}$$

Kuat Tekan: Beton dengan bahan aditif tidak hanya mencapai kekuatan yang diinginkan lebih cepat (25.35 MPa dalam 14 hari), tetapi juga menunjukkan kekuatan yang lebih tinggi pada umur 28 hari (30.35 MPa) dibandingkan beton normal.

Berdasarkan analisis waktu pelaksanaan, beton dengan bahan aditif lebih efisien dari segi waktu dan kekuatan dibandingkan beton normal. Hal ini sangat berguna dalam proyek yang memerlukan penyelesaian cepat tanpa mengorbankan kualitas struktur. Penggunaan bahan aditif seperti superplasticizer dapat menjadi solusi efektif untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi perkerasan kaku.

4.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Waktu Pelaksanaan

Dalam pelaksanaan proyek perkerasan rigid, efisiensi waktu merupakan salah satu aspek kunci yang menentukan keberhasilan proyek. Berbagai faktor dapat mempengaruhi waktu pelaksanaan perkerasan rigid, mulai dari kualitas material yang digunakan, kondisi cuaca, metode pelaksanaan, hingga pengendalian mutu yang diterapkan. Kualitas material

seperti semen, agregat, dan air sangat berpengaruh terhadap waktu pengerasan beton. Selain itu, kondisi cuaca seperti suhu dan kelembaban udara juga dapat mempengaruhi kecepatan pengerasan beton.

Metode pelaksanaan yang efisien dan penggunaan bahan aditif dapat mempercepat proses pengerasan dan meningkatkan kekuatan awal beton. Pengendalian mutu yang ketat selama proses pelaksanaan juga penting untuk memastikan bahwa beton yang digunakan memiliki kualitas yang baik dan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Dengan memahami dan mengelola faktor-faktor ini, diharapkan waktu pelaksanaan perkerasan rigid dapat lebih efisien dan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.

4.2.1 Kualitas material

Kualitas bahan adalah salah satu faktor utama yang mempengaruhi waktu pelaksanaan. Bahan dengan kualitas yang baik seperti semen, agregat kasar, agregat halus, dan air akan menghasilkan beton dengan kekuatan yang baik dan waktu pengerasan yang optimal. Penggunaan bahan tambahan (additif) juga dapat mempercepat waktu pengerasan.

Pelaksanaan pengujian bahan dilaksanakan di laboratorium PT.Kadiri Sarana Bhakti yang beralamatkan di Dsn Winongsari, Kediri. Pemeriksaan Agregat dilakukan untuk mengetahui layak atau tidaknya bahan yang digunakan dalam pembuatan beton normal. Bahanbahan yang diperiksa antara lain: agregat halus dan agregat kasar.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Agregat

Parameter	Satuan	Agregat Halus (Pasir)	Agregat Kasar (Split)
Analisa Saringan (FM)	%	3,39	7,70
Kadar Air Asli	%	1,63	2,08
Kadar Air SSD	%	4,93	3,30
Berat Isi	kg/m ³	1,58	1,21
Berat Jenis Kering		2,45	2,54
Berat Jenis SSD		2,62	2,62
Berat Jenis Semu		2,79	2,77
Kadar Lumpur	%	5,65	0,27

Sumber : Hasil Pengujian

Penjelasan :

- Analisa saringan adalah untuk mengetahui besar butiran agregat yang kita uji dan mengetahui agregat masuk ke dalam zona berapa.
- Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam suatu agregat, jadi dilihat hasil keduanya agregat halus sebesar 4,93 dan agregat kasar sebesar 3,30.
- Berat jenis yaitu menentukan volume yang diisi oleh agregat dan dapat menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton.
- Analisa saringan adalah untuk mengetahui besar butiran agregat yang kita uji dan mengetahui agregat masuk ke dalam zona berapa.
- Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus yaitu bawah 5,65 % dan

agregat kasar di bawah 0,52 %. untuk mendapatkan hasil pengujian kadar lumpur sesuai dengan standar agregat halus di cuci terlebih dahulu agar mengurangi lumpur yang ada didalam agregat tersebut.

4.2.2 Kondisi cuaca

Cuaca adalah faktor eksternal yang dapat mempengaruhi proses pengerasan beton. Suhu yang terlalu tinggi atau rendah, serta tingkat kelembaban yang tidak optimal, dapat memperlambat atau mempercepat proses pengeringan beton. Pelaksanaan perkerasan rigid di sekitar Gunung Kelud menghadapi beberapa kendala utama, antara lain:

- a) Kondisi Cuaca: Curah hujan yang tinggi dan kondisi cuaca yang ekstrem di daerah sekitar Gunung Kelud dapat memperlambat proses konstruksi dan mempengaruhi kualitas perkerasan yang dihasilkan.
- b) Logistik dan Transportasi: Dukungan infrastruktur yang kurang memadai untuk transportasi material dan alat konstruksi dapat menjadi kendala, terutama di daerah yang terpencil.

4.2.3 Metode pelaksanaan

Pekerjaan Persiapan Pekerjaan dimulai dari kegiatan setting lokasi bersama oleh tim penyedia jasa maupun tim dari konsultan pengawas serta pihak pengguna jasa.



Gambar 4.7 Salah satu foto pekerjaan persiapan berupa Uitzet

- a) Pekerjaan Bekisting sebelum proses pelaksanaan pengecoran dilakukan pekerjaan bekisting, dimana pekerjaanya dilakukan dengan metode separuh dari total lebar jalan



Gambar 4.8 Pekerjaan Bekisting Pada Beton

b) Pekerjaan Lean Concrete (LC) Yaitu lantai kerja yang digunakan untuk penghamparan rigid pavement sehingga lapisan ini bukan termasuk lapisan struktur, namun wajib ada sebelum pekerjaan perkerasan kaku ini dikerjakan. Tebal LC ini biasanya 10 cm dengan mutu beton K-175.



Gambar 4.9 Ketebalan LC (Lean Concrete)

c) Pekerjaan Pembesian

Pemasangan rangka besi atau baja tulangan dalam pembangunan jalan beton adalah langkah kunci untuk memberikan kekuatan dan ketahanan struktural pada konstruksi



Gambar 4.10 Pekerjaan Pembesian

d) Pekerjaan Pengecoran Beton Mutu K-175

Beton dengan mutu K-175 biasanya digunakan sebagai pondasi bangunan ataupun jalan rigid pavement, beton jenis ini juga dinilai mampu menahan beban hingga sebesar 14 Mpa.



Gamba 4.11 Pekerjaan Pengecoran Mutu K-175

e) Pekerjaan Pengecoran Dengan Mutu Beton $f_c'25$

Dalam perihal pengecoran, terdapat 3 alternatif pembuatan beton segar yaitu Beton Manual (Konsvensional), Beton Instan dan readymix. Asumsikan kita memilih Beton Jayamix karena kualitas dan ketahanannya.



Gambar 4.12 pelaksanaan pengecoran fc'25

f) Pekerjaan Curing Beton

Tujuan dari pelaksanaan curing atau perawatan beton adalah untuk memastikan reaksi hidrasi senyawa semen termasuk bahan tambahan atau pengganti supaya dapat berlangsung secara optimal sehingga mutu beton yang diharapkan dapat tercapai dan menjaga supaya tidak terjadi susut yang berlebihan pada beton akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat atau tidak seragam, sehingga dapat menyebabkan munculnya keretakan pada beton tersebut.



Gambar 4.13 pekerjaan curing beton

g) Pekerjaan Cutting Beton

Cutting beton atau concrete cutting merupakan proses pemotongan yang dilakukan pada akhir pekerjaan setelah beton mengering diatas umur yang sudah ditentukan. Manfaat dari cutting beton ini yakni untuk membuat celah antara bagian beton hingga 4 meter pertitik untuk menunjang fleksibilitas jalan.



Gambar 4.14 pekerjaan cutting

4.3 Perbandingan Perkuatan dan Biaya

perbandingan antara beton normal dan beton yang menggunakan bahan aditif dari segi perkuatan dan biaya.

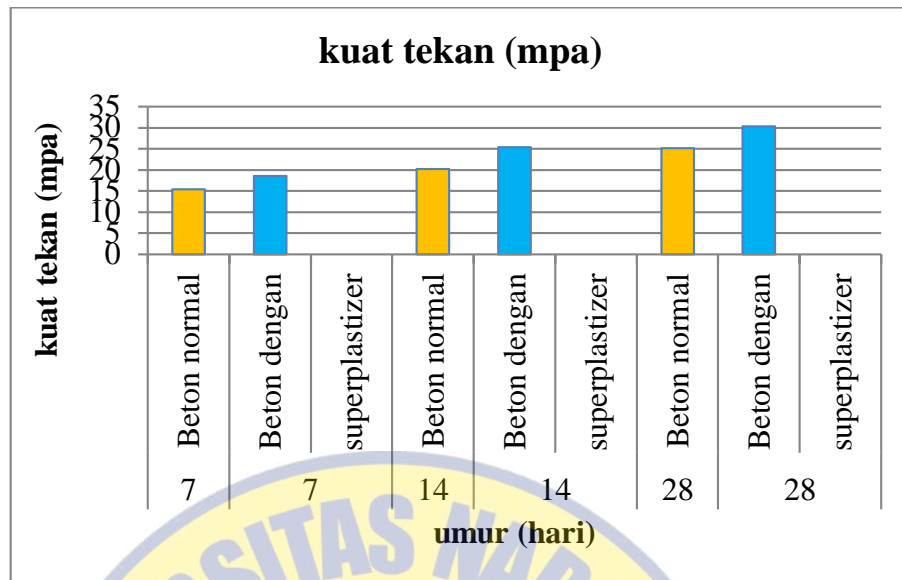
4.3.1 Perbandingan Perkuatan

Berikut adalah tabel yang menunjukkan hasil kuat tekan untuk beton normal dan beton menggunakan aditif superplastizer dengan nilai kekuatan tekan $f_c'25$ mpa pada umur 7 hari, 14hari, dan 28 hari

Tabel 4.4 Hasil Kuat Tekan Beton

Umur (hari)	Jenis Beton	Benda uji 1 (mpa)	Benda uji 2 (mpa)	Benda uji 3 (mpa)	Benda uji 4 (mpa)	Benda uji 5 (mpa)	Benda uji 6 (mpa)	rata-rata (mpa)
7	Beton normal	15,2	15,5	15,3	15,4	15,1	15,6	15,35
7	Beton dengan superplastizer	18,3	18,7	18,4	18,6	18,8	18,5	18,58
14	Beton normal	20,1	20,3	20,2	20	20,4	20,1	20,18
14	Beton dengan superplastizer	24,9	24,8	25,1	24,5	24,4	24,9	25,35
28	Beton normal	25	25,2	25,1	25,3	25,1	25	25,12
28	Beton dengan superplastizer	30,5	30,3	30,2	30,4	30,2	30,5	30,35

Sumber:Hasil Pengujian



Sumber: Hasil Pengujian

Gambar 4.15 Grafik Kuat Tekan Beton Berdasarkan Umur Pengujian

Data Pengujian Kekuatan Beton

Beton Normal:

Pada umur 7 hari, rata-rata kuat tekan adalah 15.35 Mpa
 pada umur 14 hari, rata-rata kuat tekan adalah 20.18 Mpa
 pada umur 28 hari, rata-rata kuat tekan adalah 25.12 MPa.

Beton dengan Superplastizer:

Pada umur 7 hari, rata-rata kuat tekan adalah 18.58 Mpa
 pada umur 14 hari, rata-rata kuat tekan adalah 25.35 Mpa
 pada umur 28 hari, rata-rata kuat tekan adalah 30.35 MPa.

Penjelasan:

Beton Normal (Non Additif) : Pada umur 7 hari, kuat tekan belum mencapai kekuatan desain (25 MPa), tetapi terus meningkat seiring waktu dan mencapai kekuatan desain pada umur 28 hari.

Beton dengan Bahan Additif : Kuat tekan beton dengan bahan additif sudah mencapai kekuatan desain (25 MPa) dalam 14 hari dan terus meningkat hingga melebihi kekuatan desain pada umur 28 hari.

4.3.2 Perbandingan Biaya

Anggaran biaya dilakukan setelah proses pengujian selesai dilaksanakan. Rencana anggaran biaya adalah banyaknya biaya yang dibutuhkan baik upah maupun bahan dalam sebuah proyek konstruksi. Rencana anggaran biaya dapat dihitung dengan mengetahui volume pekerjaan, kebutuhan bahan dan alat serta harga satuan bahan yang digunakan. Rencana anggaran biaya pada penelitian ini dihitung berdasarkan estimasi harga pengecoran beton untuk pengecoran benda uji selinder. Rencana anggaran biaya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Total Harga} = \text{Harga satuan bahan} \times \text{kebutuhan bahan(kg)}$$

Perhitungan harga bahan dasar untuk pengecoran benda uji antara beton normal dan benton menggunakan bahan additif dimaksudkan untuk mengetahui biaya yang diperlukan untuk pengecoran di tinjau dari harga material.

Berikut daftar kuantitas dan harga yang peneliti peroleh dari RAB paket Rehabilitasi jalan ruas jalan margomulyo – gunung kelud

Tabel 4.5 Harga Dasar Satuan Upah

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA YG DIGUNAKAN (Rp.)	HARGA SATUAN (Rp.)
1	Pekerja	Jam	90.000,00	12.857,00
2	Tukang	Jam	93.000,00	13.286,00
3	M a n d o r	Jam	100.000,00	14.286,00
4	Operator	Jam	93.000,00	13.286,00
5	Pembantu Operator	Jam	90.000,00	12.857,00
6	Sopir / Driver	Jam	93.000,00	13.286,00
7	Pembantu Sopir / Driver	Jam	90.000,00	12.857,00
8	Mekanik	Jam	93.000,00	13.286,00
9	Pembantu Mekanik	Jam	90.000,00	12.857,00
10	Kepala Tukang	Jam	97.000,00	13.857,00

Sumber : Analisa Harga Satuan

Tabel 4.6 Daftar Kuantitas Dan harga

DIVISI 7. STRUKTUR	SAT	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Beton struktur, fc'25 Mpa	M3	647,85	1.261.746,21	817.422.284,09
Beton, fc'10 Mpa / K-125	M3	13,03	832.975,17	10.853.666,52
Baja Tulangan Sirip BjTS 280	Kg	9.989,57	16.264,51	162.475.466,16
Sandaran (Railing)	M1	116,40	183.267,00	21.332.278,80
Pipa Penyalur PVC	M	90,00	413.594,23	37.223.481,02
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 7 masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)				1.049.307.176,59

Sumber : Hitungan RAB

Tabel 4.7 Rekapitulasi Perkiraan Harga

No.Divisi		Jumlah Harga Pekerjaan (Rupiah)
1	Umum	10.000.000,00
SKh- 1.1.22	Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK)	7.745.000,00
3	Pekerjaan Tanah dan Geosintetik	28.038.037,01
6	Pekerjaan Aspal	67.141.430,71
7	Struktur	1.049.307.176,59
(A)		1.162.231.644,30
(B)		127.845.480,87
(C)		1.290.077.125,18
(D)		1.290.077.000,00

Tabel 4.8 Harga Dasar Satuan Bahan

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)
1	Aggregat Kasar	M3	265.000,00
2	Pasir Beton	M3	225.000,00
3	Pasir Pasang	M3	160.000,00
4	Agregat peccah mesin 0 - 5	M3	300.000,00
5	Agregat pecah mesin 5 - 10 & 10 - 20	M3	350.000,00
6	Agregat peccah mesin 20 - 30	M3	325.000,00
7	Semen	Kg	1.025,00
12	Semen / PC (40kg)	Kg	1.400,00
13	Kayu Perancah	M3	750.000,00
14	Paku	Kg	20.000,00
18	Besi Tulangan Polos-BjTp 280	Kg	12.000,00
19	Besi Tulangan Sirip-BjTs 280	Kg	12.500,00
20	Kawat Beton	Kg	15.000,00
25	Air	LITER	25,00
26	Plastiizier	Kg	20.000,00
31	Deck drain baja dia. 150 mm	unit	75.000,00
32	Buis beton dia. 1m	Bh	225.000,00
36	Marmer	M2	600.000,00

Sumber : Analisa Harga Satuan

Tabel 4.9 Daftar Biaya Sewa Alat

URAIAN	KAPASITAS	BIAYA SEWA ALAT/JAM (di luar PPN)
DUMP TRUCK 3.5 TON	3,5 ton	200.000
DUMP TRUCK 10 TON	10,0 ton	300.000
EXCAVATOR 80-140 HP	0,9 m3	350.000
CONCRETE VIBRATOR	25,0	20.000
CONCRETE MIXING PLANT	300 liter	475.000
CONCRETE MIXER		60.000
WATER TANKER 3000-4500 L.	4.000 liter	250.000
POMPA GENERATOR		100.000
DRUM MIXER		60.000
JACK HAMMER		75.000

Sumber : Analisa Harga Satuan

Tabel 4.10 Analisa harga beton Normal

NO.	KOMPONEN	Kode	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
A.	TENAGA					
1	Pekerja	(L01)	Jam	0,4016	12.857,00	5.163,37
2	Tukang	(L02)	Jam	0,6024	13.286,00	8.003,49
3	Mandor	(L03)	Jam	0,0502	14.286,00	717,16
JUMLAH HARGA TENAGA						13.884,02
B.	BAHAN					
1	Semen	(M12)	Kg	307,9700	1.025,00	315.669,25
2	Pasir Beton	(M01a)	M3	0,6104	225.000,00	137.340,00
3	Agregat Kasar	(M03)	M3	0,7944	265.000,00	210.516,00
4	Kayu Perancah	(M19)	M3	0,4000	750.000,00	300.000,00
5	Paku	(M18)	Kg	4,8000	20.000,00	96.000,00
6	Air	(M170)	Ltr	190,5500	25,00	4.763,75
JUMLAH HARGA BAHAN						1.064.289,00
C.	PERALATAN					
1	Concrete Mixing Plant		Jam	0,0502	475.000,00	23.845,00
2	Truck Mixer		Jam	0,1619	400.000,00	64.760,00
3	Concrete Vibrator		Jam	0,3012	20.000,00	6.024,00
4	Water Tank Truck		Jam	0,0382	250.000,00	9.550,00
5	Alat Bantu		Ls	1,0000	833,04	833,04
JUMLAH HARGA PERALATAN						105.012,04
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					1.183.185,06
E.	OVERHEAD	2,5%	2,5%	5	% x D	59.159,25
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)					1.242.344,31

Sumber :Analisa Harga Satuan

Tabel 4.11 Analisa harga beton Menggunakan Additif

NO.	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
A.	TENAGA				
1	Pekerja	Jam	0,4016	12.857,00	5.163,37
2	Tukang	Jam	0,6024	13.286,00	8.003,49
3	Mandor	Jam	0,0502	14.286,00	717,16
JUMLAH HARGA TENAGA					13.884,02
B.	BAHAN				
1	Semen	Kg	307,9700	1.025,00	315.669,25
2	Pasir Beton	M3	0,6104	225.000,00	137.340,00
3	Agregat Kasar	M3	0,7944	265.000,00	210.516,00
4	Kayu Perancah	M3	0,4000	750.000,00	300.000,00
5	Paku	Kg	4,8000	20.000,00	96.000,00
6	Air	Ltr	190,5500	25,00	4.763,75
7	Plastizier	Kg	0,9239	20.000,00	18.478,00
JUMLAH HARGA BAHAN					1.082.767,00
C.	PERALATAN				
1	Concrete Mixing Plant	Jam	0,0502	475.000,00	23.845,00
2	Truck Mixer	Jam	0,1619	400.000,00	64.760,00
3	Concrete Vibrator	Jam	0,3012	20.000,00	6.024,00
4	Water Tank Truck	Jam	0,0382	250.000,00	9.550,00
5	Alat Bantu	Ls	1,0000	833,04	833,04
JUMLAH HARGA PERALATAN					105.012,04
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)				1.201.663,06
E.	OVERHEAD	2,5%	2,5%	5	60.083,15
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				1.261.746,21

Sumber : Analisa Harga Satuan

4.3.3 Desain Campuran dan Komponen Biaya

1 Beton Normal (Non Additif)

- Semen : $350 \text{ kg} \times \text{Rp } 1.200 \text{ per kg} = \text{Rp } 420.000$
- Agregat Kasar : $1150 \text{ kg} \times \text{Rp } 200 \text{ per kg} = \text{Rp } 230.000$
- Agregat Halus : $750 \text{ kg} \times \text{Rp } 150 \text{ per kg} = \text{Rp } 112.500$
- Air : $157.5 \text{ liter} \times \text{Rp } 25 \text{ per liter} = \text{Rp } 472,5$
- Total Biaya Material : $\text{Rp } 763.000$
- Biaya Tenaga Kerja : $\text{Rp } 150.000$
- Total Biaya Beton Normal : $\text{Rp } 913.000 \text{ per m}^3$

2. Beton dengan Bahan Aditif

- Semen : $400 \text{ kg} \times \text{Rp } 1.200 \text{ per kg} = \text{Rp } 480.000$
- Agregat Kasar : $1100 \text{ kg} \times \text{Rp } 200 \text{ per kg} = \text{Rp } 220.000$
- Agregat Halus : $750 \text{ kg} \times \text{Rp } 150 \text{ per kg} = \text{Rp } 112.500$
- Air : $160 \text{ liter} \times \text{Rp } 3 \text{ per liter} = \text{Rp } 480$
- Superplasticizer : $4 \text{ kg} \times \text{Rp } 25.000 \text{ per kg} = \text{Rp } 100.000$
- Total Biaya Material : $\text{Rp } 913.000$
- Biaya Tenaga Kerja : $\text{Rp } 150.000$

- Total Biaya Beton dengan Additif : Rp 1.063.000 per m³

4.3.4 Analisis Perbandingan Biaya

Tabel 4.12 Perbandingan Biaya

Aspek Beton Normal (Non Additif)	Harga (Rp)	Beton dengan Bahan Additif	Harga (Rp)
Semen	420.000	Semen	480.000
Agregat Kasar	230.000	Agregat Kasar	220.000
Agregat Halus	112.500	Agregat Halus	112.500
Air	472,5	Air	480
		Superplasticizer	100.000
Biaya Tenaga Kerja	150.000	Biaya Tenaga Kerja	150.000
Total biaya	913.000	Total biaya	1.063.000

Sumber : Analisa Harga Satuan

Analisis Efisiensi dan Manfaat

Biaya:

Beton Normal (Non Additif) : Total biaya per m³ adalah Rp 913.000.

Beton dengan Bahan Additif : Total biaya per m³ adalah Rp 1.063.000.

Waktu Pelaksanaan:

Beton Normal (Non Additif) : Waktu pelaksanaan mencapai kekuatan penuh (25 MPa) dalam 28 hari.

Beton dengan Bahan Additif : Waktu pelaksanaan mencapai kekuatan penuh (25 MPa) dalam 14 hari.

Perbandingan Biaya : Beton dengan bahan additif memiliki biaya yang lebih tinggi sebesar Rp 150.000 per m³ dibandingkan beton normal.

Efisiensi Waktu : Penggunaan bahan additif dapat mengurangi waktu pelaksanaan dari 28 hari menjadi 14 hari, sehingga mempercepat penyelesaian proyek.

Untuk menganalisis pengaruh penggunaan bahan aditif terhadap total biaya proyek, kita perlu mempertimbangkan beberapa aspek utama, termasuk biaya material, biaya tenaga kerja, efisiensi waktu, dan potensi penghematan biaya lainnya. Berikut adalah analisis tersebut:

1. Perbandingan Biaya Material

Tabel 4.13 perbandingan biaya material

Beton Normal (Non Additif)	Beton dengan Bahan Additif
Semen : Rp 420.000 per m ³	Semen : Rp 480.000 per m ³
Agregat Kasar : Rp 230.000 per m ³	Agregat Kasar : Rp 220.000 per m ³
Agregat Halus : Rp 112.500 per m ³	Agregat Halus : Rp 112.500 per m ³
Air : Rp 472,5 per m ³	Air : Rp 480 per m ³
Total Biaya Material : Rp 763.000 per m ³	Superplasticizer : Rp 100.000 per m ³
	Total Biaya Material : Rp 913.000 per m ³

Sumber : Analisa Harga Satuan

2. Perbandingan Biaya Tenaga Kerja dan Pelaksanaan

Beton Normal (Non Additif)

Biaya Tenaga Kerja : Rp 150.000 per m³

Durasi Pelaksanaan : 28 hari

Total Biaya Pelaksanaan : Rp 150.000 x 28 hari = Rp 4.200.000 per m³

Beton dengan Bahan Additif

Biaya Tenaga Kerja : Rp 150.000 per m³

Durasi Pelaksanaan : 14 hari

Total Biaya Pelaksanaan : Rp 150.000 x 14 hari = Rp 2.100.000 per m³

3. Total Biaya Proyek

Tabel 4.14 total biaya proyek

Beton Normal (Non Additif)	Beton dengan Bahan Additif
Komponen Biaya per m ³ (Rp)	Komponen Biaya per m ³ (Rp)
Bahan Material 763.000	Bahan Material 913.000
Tenaga Kerja 4.200.000	Tenaga Kerja 2.100.000
Total Biaya 4.963.000	Total Biaya 3.013.000

Sumber : Analisa Harga Satuan

4. Analisis Pengaruh Terhadap Total Biaya Proyek

a) Efisiensi Waktu

Penggunaan bahan additif secara signifikan mengurangi durasi pelaksanaan dari 28 hari menjadi 14 hari, yang menghasilkan pengurangan biaya tenaga kerja.

b) Total Biaya

Meskipun biaya material beton dengan bahan additif lebih tinggi Rp 913.000 dibandingkan Rp 763.000, pengurangan biaya tenaga kerja dari Rp 4.200.000 menjadi Rp 2.100.000 menghasilkan total biaya proyek yang lebih rendah.

c) Potensi Penghematan

- Total Biaya Beton Normal (Non Additif) : Rp 4.963.000

- Total Biaya Beton dengan Bahan Additif : Rp 3.013.000

- Penghematan Biaya : $\text{Rp } 4.963.000 - \text{Rp } 3.013.000 = \text{Rp } 1.950.000$

Meskipun biaya material lebih tinggi, efisiensi waktu dan pengurangan biaya tenaga kerja menghasilkan penghematan total biaya proyek sebesar Rp 1.950.000. Penggunaan bahan additif sangat disarankan untuk proyek yang memerlukan penyelesaian cepat dan efisiensi biaya jangka panjang.