

Analisis Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Mutu Beton Ready Mix

Yola Andara Pratami Suri¹⁾, Vera Agustriana Noorhidana²⁾, Masdar Helmi³⁾,
Mohd Isneini⁴⁾, Endro Prasetyo Wahono⁵⁾

^{1, 2, 3, 4, 5)} Magister Teknik Sipil Universitas Lampung

JL. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung

Email: yolaandara08@gmail.com¹⁾, vera.agustriana@eng.unila.ac.id²⁾,
masdar.helmi@eng.unila.ac.id³⁾, mohd.isneini@eng.unila.ac.id⁴⁾,
epwahono@eng.unila.ac.id⁵⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v14i1.1049>

(Received: 04 december 2023 / Revised: 23 January 2024 / Accepted: 18 February 2024)

Abstrak

Batching Plant sebagai pengolah beton *ready mix* untuk pembangunan jalan. Dahulu terjadi penurunan mutu beton laboratorium dan lapangan. Akhirnya melatar belakangi penelitian dengan tujuan menganalisis faktor penyebab penurunan mutu seperti; standarisasi SNI material, waktu tempuh beton ke lapangan, perlakuan sampel, komposisi beton. Langkah yang digunakan ialah pengujian material, uji slump dan suhu campuran di laboratorium dan lapangan, mencatat waktu perjalanan dan tuang beton, pembuatan sampel lapangan dan laboratorium, pembuatan sampel khusus, pengujian kuat tekan beton mutu $fc'10$ MPa dan kuat tarik lentur beton mutu $Fs'4,5$ MPa usia 7 dan 28 hari, menggunakan *Statistical Quality Control (SQC)*. Hasil kuat tekan dan kuat tarik lentur sampel laboratorium dan lapangan tidak konstan bahkan berada dibawah nilai (LCL). Penyebabnya pasir dengan kadar lumpur diatas 5%. Mengatasinya dengan penambahan *Admixture*, *admixture* Naptha E-121 0,9% menjadi 1,2%, Naptha RD-31 0,2% sampel balok dan Naptha E-121 0,3% menjadi 0,6%, Naptha RD-31 0,2% silinder.

Kata kunci: *Beton, Statistical Quality Control, Admixture*

Abstract

Batching Plant as a readymix concrete processor for road construction. In the past, there was a decline in the quality of laboratory and field concrete. Finally, the background for research with the aim of analyzing the factors causing quality decline such as; SNI standardization of materials, concrete travel time to the field, sample treatment, concrete composition. The steps used are material testing, slump testing and mixture temperature in the laboratory and field, recording travel and pouring times for concrete, making field and laboratory samples, making special samples, testing the compressive strength of $FC'10$ MPa quality concrete and the flexural tensile strength of Fs quality concrete. '4.5 MPa aged 7 and 28 days, using *Statistical Quality Control (SQC)*. The results of the compressive strength and flexural tensile strength of laboratory and field samples are not constant and are even below the (LCL) value. The cause is sand with a mud content above 5%. Overcome this by adding admixture, admixture Naptha E-121 0.9% to 1.2%, Naptha RD-31 0.2% for beam samples and Naptha E-121 0.3% to 0.6%, Naptha RD-31 0.2% cylinder.

Keywords: *Concrete, Statistical Quality Control, Admixture*

1. Latar Belakang

Beton merupakan campuran dari beberapa material seperti agregat halus, agregat kasar, semen dan bahan aditif lainnya. Pengolahan beton sendiri biasa dilakukan menggunakan *mini mixer*, pengolahan dengan alat manual dan *Batching Plant*. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai *Batching Plant* sebagai alat dalam pengolahan beton, yang hasil dari pengolahan akan digunakan dalam pembangunan jalan dengan mutu $f_c'10$ MPa dan $F_s' 4,5$ MPa. Ide penelitian ini sendiri dilatarbelakangi oleh suatu permasalahan yang sering muncul. Permasalahan yang sering terjadi ialah penurunan mutu beton yang dihasilkan dengan mutu beton rencana. Selain dari itu sering terjadi perbedaan mutu yang dihasilkan dilakukannya evaluasi terhadap mutu beton seperti halnya untuk mencapai hasil pekerjaan yang sesuai ketentuan mutu yang ditetapkan, maka perlu adanya pengendalian mutu terhadap beton. Pengendalian ini dapat berupa monitoring, pengecekan, dan pengujian antara sampel lapangan dan laboratorium. Alasan permasalahan inilah menyebabkan perlu adanya suatu analisis terhadap faktor-faktor yang kemungkinan menjadi penyebab penurunan mutu tersebut.

Menurut (Tri Mulyono, 2019) ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan beton seperti: faktor air semen, umur beton, jenis semen, jumlah semen, dan sifat agregat. Oleh sebab itu pentingnya memperhatikan aspek-aspek tersebut. Sebab beton sendiri rentan terhadap keretakan. Banyaknya faktor penyebab kegagalan mutu rencana yang akhirnya mendorong perlu

Akibat mutu beton yang dihasilkan tidak sesuai rencana pada penelitian ini dilakukan studi terhadap beberapa faktor yang menjadi indikasi penyebab penurunan mutu beton. Faktor-faktor tersebut antara lain tidak terpenuhinya standarisasi material yang digunakan dalam campuran beton; pengaruh lama perjalanan hingga tuang beton dilapangan; pengaruh pengangkutan sampel usia 2, 3, 4, 5, 6, 7 hari dari lapangan menuju laboratorium; serta pengaruh komposisi beton terhadap mutu yang dihasilkan. Benar atau tidak beberapa indikasi tersebut berpengaruh terhadap mutu yang dihasilkan akan dibuktikan melalui serangkaian metode pengujian.

Metode pengujian pertama yang dilakukan seperti pengujian material. yang mana untuk mencapai mutu beton rencana salah satunya dengan terpenuhinya standar material. Terutama dalam penggunaan agregat halus, di mana sering terdapat agregat halus dengan kadar lumpur yang tinggi. Ini tentu menjadi salah satu faktor penurunan mutu beton. Seperti pengujian yang dilakukan Sudjatri dan Zhuhur mengatakan bahwa beton dengan kandungan lumpur tinggi pada agregat halus mengalami penurunan mutu. Setelah pengujian pada material juga dilanjutkan pemantauan terhadap waktu angkut dan tuang beton. Hal ini berkaitan dengan nilai slump dan suhu beton. Melihat dari sumber (PBI 1971, 1971) nilai slump untuk jalan beton berkisar 5-7,5 cm, sedangkan menurut (SNI 6880, 2016) suhu untuk campuran beton sendiri baiknya tidak melebihi 35 °C. Selain itu juga terdapat faktor eksternal yang mempengaruhi perbedaan mutu sampel beton laboratorium dan lapangan, yakni pengangkutan sampel di usia yang bervariasi. Pembuktian yang akan dilakukan yakni dengan pengujian kuat tekan dan kuat tarik lentur. Selanjutnya dari hasil uji ini akan dianalisa menggunakan metode *Statistical Quality Control (SQC)*. Menurut (Chopane & S. Wayal, 2016), metode *Statistical*

Quality Control (SQC) yang akan digunakan ini bertujuan untuk mengendalikan kualitas dari suatu produk. Selain itu berfungsi dalam mengendalikan proses produksi dengan standar mutu yang direncanakan. Serangkaian langkah inilah yang nantinya menjawab tujuan dari penelitian yakni mengetahui dan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi mutu beton, baik itu berasal dari material pencampur; waktu tempuh beton dituang; perlakuan sampel; maupun faktor komposisi beton.

2. Metode Penelitian

Tahap pertama yang dilakukan ialah melakukan pengujian material pencampur baik agregat halus, agregat kasar, dan semen. Pada agregat halus dan kasar sama-sama dilakukan pengujian seperti berat jenis agregat, kadar lumpur agregat, gradasi agregat, dan volume berat agregat. Agregat halus sendiri berasal dari dua sumber yang berbeda yakni Gunung Sugih dan Merapi. Pada penelitian ini agregat kasar yang digunakan berasal dari Mojokerto. Sedangkan semen yang digunakan ialah semen Portland tipe 1 dilakukan pengujian berat jenis dan waktu ikat semen. Setelah dilakukan pengujian hasilnya akan dicatat dan akan dianalisa.

Tahap kedua setelah pengujian material ialah melakukan pengolahan beton di *Batching Plant* campuran beton yang telah diolah akan dituang ke dalam *Truck Mixer*, diangkut menuju laboratorium. Sesampainya di laboratorium beton diuji slump dan suhu campuran beton selanjutnya campuran beton akan dibuat sampel berupa silinder berukuran 15 cm x 30 cm untuk beton mutu $f_c' 10$ MPa dan sampel berbentuk balok ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm dengan mutu $F_s' 4,5$ MPa. Kemudian *Truck Mixer* akan pergi menuju lapangan pengecoran, dan pada waktu tersebut tim laboratorium juga akan mencatat waktu keberangkatan *Truck Mixer*.

Sesampainya *Truck Mixer* di lapangan sebelum dituang campuran beton akan di uji slump dan suhu, selanjutnya juga akan dibuat sampel berupa silinder dan balok seperti yang dilakukan di laboratorium. Pihak teknis lapangan juga akan mencatat waktu tuang dari campuran beton. Hasil laporan antara laboratorium dan lapangan akan dijadikan satu dalam sebuah data yang tujuannya untuk menjawab indikasi pengaruh waktu angkut dan tuang beton terhadap mutu.

Tahap ketiga ialah proses perawatan beton, di mana beton akan direndam didalam bak air yang berada di laboratorium. Sedangkan untuk sampel beton yang berada di lapangan akan diangkut menuju laboratorium untuk dilakukan perawatan. Pengangkutan sampel lapangan ini bervariasi yakni ketika usia beton 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 hari. Usia pengangkutan sampel lapangan yang bervariasi ini menjadi indikasi penyebab perbedaan mutu yang dihasilkan antara lapangan dan laboratorium. Oleh sebab itu tim laboratorium melakukan pencatatan tanggal tiba sampel lapangan dan akan dituangkan dalam bentuk data. Setelah beton berusia 7 dan 28 hari akan dilakukan pengujian kuat tekan untuk beton $f_c' 10$ MPa dan kuat tarik lentur untuk beton $F_s' 4,5$ Mpa.

Tahap keempat melakukan pembuatan sampel beton khusus. Tujuan untuk menjawab indikasi bahwa komposisi beton berpengaruh terhadap mutu yang dihasilkan. Pada tahap ini *Batching Plant* memproduksi beton dengan komposisi campuran yang berbeda dari komposisi harian yang digunakan di mana ketika produksi menggunakan *admixture* Naptha E-121 0,9% dan Naptha RD-31 0,2% untuk sampel balok dan Naptha E-121 0,3 % serta Naptha RD-31 0,2% untuk

silinder. Sedangkan penggunaan pada sampel khusus Naptha E-121 1,2% dan Naptha RD-31 0,2%. Setelah proses produksi di *Batching Plant* selesai akan dilanjutkan dengan pembuatan sampel di Laboratorium setelah melalui proses perawatan selama 7 dan 28 hari, sampel akan diuji. Hasil dari pengujian sampel khusus ini yang akan dibandingkan dengan hasil uji sampel produksi harian.

Berdasarkan hasil uji kuat tekan maupun kuat tarik lentur baik sampel laboratorium, sampel lapangan, maupun sampel khusus akan dianalisa menggunakan metode *Statistical Quality Control (SQC)*. Metode ini merupakan suatu alat dalam pengendalian mutu di mana hasil dari pengujian akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan juga grafik yang terdiri dari nilai batas kendali atas (UCL), batas kendali bawah (LCL), dan nilai hasil uji. Apabila yang terjadi nilai hasil uji berada diantara batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) atau nilai hasil uji berada diatas nilai batas kendali atas (UCL) artinya nilai hasil uji telah mencapai rencana. Sedangkan jika nilai hasil uji berada dibawah nilai batas kendali bawah (LCL) artinya hasil uji yang didapat belum mencapai mutu rencana. Apabila hal ini terjadi akan dilakukan pemeriksaan kembali terhadap data yang telah terkumpul untuk mengetahui penyebab penurunan mutu tersebut. Berikut rumusan dalam *Statistical Quality Control (SQC)*.

Rata-rata:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

Standar Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Control Limits untuk x-Bar Charts Upper control limit

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad (3)$$

Lower control limit

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (4)$$

Control limits untuk R-Charts

$$UCL = D_4 \bar{R} \quad (5)$$

$$LCL = D_3 \bar{R} \quad (6)$$

Keterangan:

\bar{X} : Nilai rata-rata pembebanan

x_i : Nilai pembebanan

n : Jumlah data

σ : Standar deviasi

UCL : Batas kendali atas

LCL : Batas kendali bawah

CL : Nilai tengah atau rata-rata dari karakteristik kualitas

A_2 : Diperoleh dari tabel konstanta Peta kendali

D_3 : Diperoleh dari tabel konstanta Peta kendali

D_4 : Diperoleh dari tabel konstanta Peta kendali

R : Range atau perbedaan nilai terbesar dan terkecil

Tahapan penelitian ini ialah dengan melakukan pengujian material pencampur beton. Pengujian material meliputi pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar terhadap spesifikasi yang disyaratkan. Setelah melakukan pengujian material dilakukan produksi beton di *Batching Plant* menggunakan komposisi beton yang sudah ditetapkan. Setelah dilakukan pengolahan campuran beton di *Batching Plant* campuran beton akan dicurahkan ke *Truck Mixer*. Selanjutnya *Truck Mixer* menuju ke Laboratorium dan akan dilakukan pengujian suhu dan slump terhadap campuran beton hingga dilanjutkan pembuatan sampel beton. Beton dengan mutu f_s' 4,5 MPa akan dicetak beton berbentuk balok, sedangkan beton dengan mutu f_c' 10 MPa akan dicetak beton berbentuk silinder. Setelah dilakukan pembuatan sampel beton, *Truck Mixer* akan berangkat menuju lapangan proyek dan akan dicatat waktu keberangkatannya. Setibanya di lapangan akan dilakukan tahap yang sama yakni dengan uji suhu dan slump campuran serta pembuatan sampel di lapangan dilanjutkan pencatatan waktu tuang beton. Sebagai bahan perbandingan untuk menjawab indikasi terhadap pengaruh komposisi beton dilakukan juga pembuatan sampel khusus di mana ketika produksi menggunakan *admixture* Naptha E-121 0,9 % dan Naptha RD-31 0,2% untuk sampel balok dan Naptha E-121 0,3 % serta Naptha RD-31 0,2% untuk silinder. Sedangkan penggunaan pada sampel khusus Naptha E-121 1,2 % dan Naptha RD-31 0,2 %. Setelah sampel akan dilakukan perawatan, ketika usia 7 dan 28 hari beton akan di uji. Hasil uji ini nanti yang akan menjawab beberapa indikasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Bahan Campuran Beton

Pengujian terhadap material dilakukan untuk menjawab kebenaran dari indikasi bahwa material berpengaruh terhadap mutu yang dihasilkan. Penetapan kebenaran ini dibuktikan dengan perbandingan hasil uji material terhadap standar material dan hasil uji dari sampel beton itu sendiri. Tabel 1 berisi hasil uji material beton.

Tabel 1 Hasil pengujian material beton

Jenis Pengujian	Material Produksi	Hasil Uji	Standar ASTM	Keterangan	
Berat Jenis (gr/cm ³)	Agregat Halus Merapi	2,735	2,0-2,9	Memenuhi	
	Agregat Halus Gunung Sugih	2,692	2,0-2,9	Memenuhi	
	Agregat Kasar	2,700	2,5-2,9	Memenuhi	
Modulus Kehalusan (%)	Agregat Halus	2,600	2,3-3,1	Memenuhi	
	Penyerapan (%)	Agregat Halus Merapi	2,460	1-3	Memenuhi
		Agregat Halus Gunung Sugih	2,030	1-3	Memenuhi
Berat Volume (gr/cm ³)	Agregat Kasar	1,130	1-3	Memenuhi	
	Agregat Halus Merapi	1,245			
	Agregat Halus Gunung Sugih	1,231			
Kadar Lumpur (%)	Agregat Kasar	1,394			
	Agregat Halus Merapi	12,570	< 5	Tdk Memenuhi	
	Agregat Halus Gunung Sugih	7,570	< 5	Tdk Memenuhi	
Kadar Air	Agregat Kasar	0,880	< 1	Memenuhi	
	Agregat Halus Merapi	5,260	0-1	Tdk Memenuhi	
	Agregat Halus Gunung Sugih	3,850	0-1	Tdk Memenuhi	

Tabel 1 Hasil pengujian material beton, menyajikan hasil pengujian material yang terdiri dari agregat halus dan agregat kasar. Hasil pada tabel inilah yang akan menjawab tujuan pertama dari penelitian ini yakni mengenai faktor nilai standar material yang digunakan untuk campuran beton. Hasilnya dari semua jenis pengujian memenuhi syarat yang ditetapkan, kecuali pada pengujian kadar lumpur dan kadar air agregat halus. Diketahui hasil dari kadar lumpur agregat halus Merapi sebesar 12,570 % dan agregat halus Gunung Sugih 7,570% melebihi nilai standar 5%. Sedangkan kadar air agregat halus merapi 5,260% dan Gunung Sugih 3,850% dengan standar 0-1%. Hal ini memunculkan bahwa salah satu faktor indikasi yang berpengaruh terhadap mutu beton ternyata tidak memenuhi standar dan untuk mengetahui hal ini menjadi salah satu penyebabnya atau tidak akan dibuktikan melalui hasil uji kuat tekan dan kuat lentur beton. Pengujian lanjut pada agregat kasar dan halus akan dilakukan uji gradasi. Hasil yang didapat dari pengujian gradasi ialah memenuhi syarat di mana nilai hasil gradasi berada diantara batas atas dan bawah spesifikasi.

3.2 Pengolahan Beton di *Batching Plant*

Pengolahan beton di *Batching Plant* melalui beberapa tahap seperti penimbangan semen sesuai job mix, selanjutnya agregat kasar dan halus akan dimasukkan ke dalam cold bin menggunakan alat *Wheel Loader*. Kemudian campuran agregat kasar dan halus ini akan dimuat dan diangkut oleh conveyor system untuk dicampur dengan semen dan juga air beserta aditif di dalam mixer. Hasil dari mixer ini akan dimasukkan kedalam *Truck Mixer*. Pengolahan beton pada penelitian ini dilakukan melalui dua tahap, yakni waktu produksi dan waktu khusus. Beton yang dihasilkan waktu produksi ialah beton yang akan digunakan dalam pekerjaan jalan. Sedangkan beton yang dihasilkan pada waktu khusus ialah beton yang dibuat sebagai pembanding dari beton produksi. Perbedaan dari keduanya ialah terletak pada komposisi, untuk lebih lanjut dapat dilihat komposisi beton pada Tabel 2. Komposisi Campuran Beton yang berisi perbedaan komposisi antar mutu beton.

Tabel 2 Komposisi campuran beton

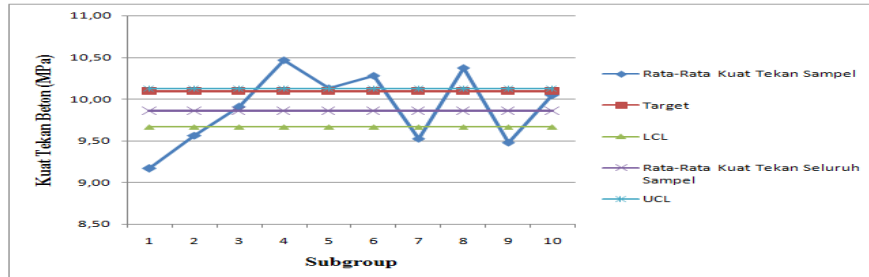
Keterangan	Sampel Produksi	Sampel Khusus	Sampel Produksi	Sampel Khusus
Volume 1 m ³	Fs' 4,5 MPa	Fs' 4,5 MPa	fc' 10 MPa	fc' 10 MPa
Semen	486	486	298	298
Air	204	204	191	179
Pasir	634	678,6	823,3	849,2
Batu Pecah	1044,8	1046,3	1044,8	1046,3
Naptha E-121	0,9 %	1,2 %	0,3 %	0,6 %
Naptha RD-31	0,2 %	0,2 %	0,2 %	0,2 %

Perbedaan komposisi ini terletak pada penggunaan aditif, pasir, dan air di mana terjadi penambahan aditif pada pengolahan beton khusus, ini dilakukan karena diketahui sebelumnya pengujian agregat halus terdapat beberapa yang tidak memenuhi standarisasi mutu. Sehingga hasil pengolahan beton dengan komposisi berbeda ini nantinya sebagai pembanding dari sampel beton produksi yang menggunakan komposisi yang telah ditetapkan hal ini juga bertujuan untuk menjawab tujuan keempat dari pengaruh komposisi terhadap mutu yang dihasilkan.

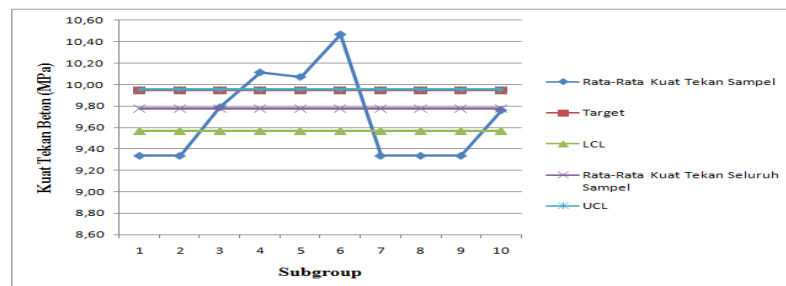
3.3 Analisis Hasil Uji Beton

3.3.1 Analisis Data Metode *Statistical Quality Control (SQC)*

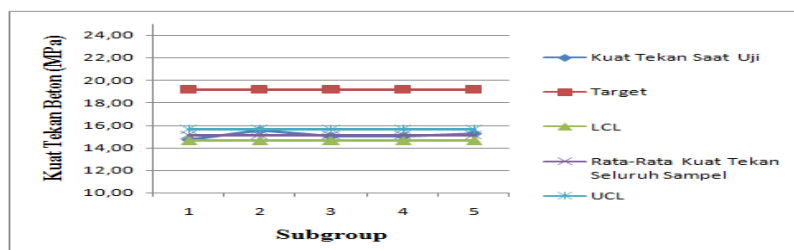
Selain dilakukannya pengujian terhadap sampel beton, langkah selanjutnya ialah menganalisis data tersebut menggunakan *Statistical Quality Control (SQC)*. Grafik hasil uji kuat tekan dan kuat tarik lentur beton umur 28 hari.



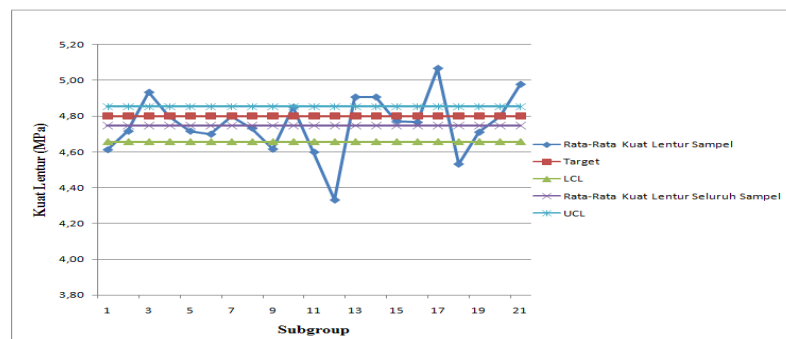
Gambar 1 Grafik X-Chart beton fc'10 Mpa usia 28 hari Sampel Laboratorium



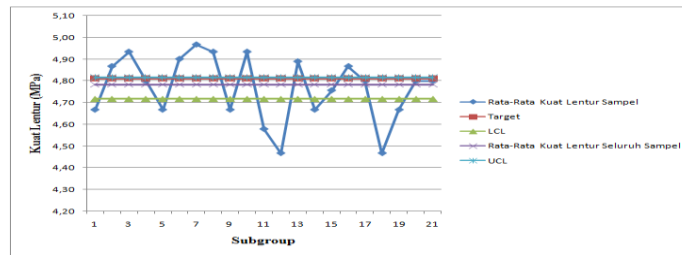
Gambar 2 Grafik X-Chart beton fc'10 Mpa usia 28 hari Sampel Lapangan



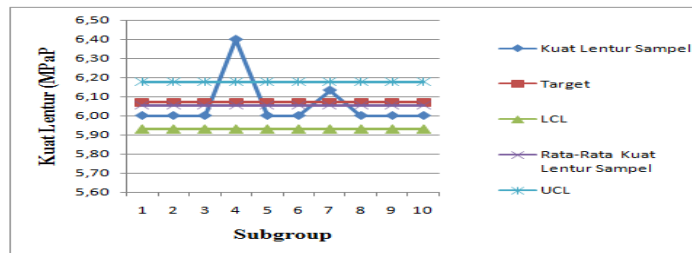
Gambar 3 Grafik X-Chart beton fc'10 Mpa usia 28 hari Sampel Khusus



Gambar 4 Grafik X-Chart beton fs' 4,5 Mpa usia 28 hari Sampel Laboratorium



Gambar 5 Grafik X-Chart beton fs' 4,5 Mpa usia 28 hari Sampel Lapangan



Gambar 6 Grafik X-Chart beton fs'4,5 Mpa usia 28 hari Sampel Khusus

3.3.2 Analisis Kadar Lumpur Agregat Halus

Hasil dari Tabel 1. mengenai uji material beton menunjukkan bahwa agregat halus yang digunakan tidak memenuhi standar. Sebagai pembuktian hal ini menjadi penyebab penurunan mutu beton dilakukan analisis pada Tabel 3 dan Tabel 4. berisi hasil uji dari sampel beton dan keterangan kadar lumpur setiap sampel beton.

Tabel 3 Perbandingan hasil analisis *Statistical Quality Control* (SQC) dengan kadar lumpur agregat halus beton mutu fc' 10 MPa usia 7 hari

No.	Mutu Beton (Mpa)		Analisis SQC		Kadar Lumpur
	Laboratorium	Lapangan	Laboratorium	Lapangan	
1	5,89	5,94	Di Bawah LCL	Di bawah LCL	12,76
2	6,17	6,20	Di Bawah LCL	Di bawah LCL	10,22
3	6,85	6,90	Diantara UCL, LCL	Diantara UCL, LCL	7,62
4	8,15	7,80	Melampaui UCL	Melampaui UCL	5,75
5	7,75	7,70	Melampaui UCL	Melampaui UCL	6,06
6	8,09	7,60	Melampaui UCL	Melampaui UCL	5,87
7	6,35	6,50	Di Bawah LCL	Di bawah LCL	11,51
8	7,25	7,50	Melampaui UCL	Melampaui UCL	6,32
9	6,22	5,90	Di Bawah LCL	Di bawah LCL	12,60
10	6,65	6,79	Diantara UCL, LCL	Diantara UCL, LCL	7,70

Tabel 4 Perbandingan hasil analisis *Statistical Quality Control* (SQC) dengan kadar lumpur agregat halus beton mutu fc' 10 MPa usia 28 hari

No.	Mutu Beton (Mpa)		Analisis SQC		Kadar Lumpur
	Laboratorium	Lapangan	Laboratorium	Lapangan	
1	9,17	9,34	Di Bawah LCL	Di bawah LCL	12,76
2	9,56	9,34	Di Bawah LCL	Di bawah LCL	10,22
3	9,90	9,79	Diantara UCL, LCL	Diantara UCL, LCL	7,62
4	10,47	10,12	Melampaui UCL	Melampaui UCL	5,75
5	10,13	10,10	Melampaui UCL	Melampaui UCL	6,06
6	10,30	10,50	Melampaui UCL	Melampaui UCL	5,87

7	9,50	9,30	Di Bawah LCL	Di bawah LCL	11,51
8	10,40	10,04	Melampaui UCL	Melampaui UCL	6,32
9	9,50	9,34	Di Bawah LCL	Di bawah LCL	12,60
10	10,04	9,76	Diantara UCL, LCL	Diantara UCL, LCL	7,70

Tabel 5 Perbandingan hasil analisis *Statistical Quality Control (SQC)* dengan kadar lumpur agregat halus beton mutu F_s' 4,5 MPa usia 7 hari

No.	Mutu Beton (MPa)		Analisis SQC		Kadar Lumpur (%)
	Laboratorium	Lapangan	Laboratorium	Lapangan	
1	4,05	3,91	Di Bawah LCL	Di Bawah LCL	10,21
2	4,17	4,00	Diantara UCL, LCL	Diantara UCL, LCL	8,68
3	4,19	4,00	Diantara UCL, LCL	Diantara UCL, LCL	8,11
4	4,17	4,07	Diantara UCL, LCL	Diantara UCL, LCL	7,34
5	4,23	4,20	Melampaui UCL	Melampaui UCL	8,07
6	4,48	4,27	Melampaui UCL	Melampaui UCL	5,90
7	4,50	4,23	Melampaui UCL	Melampaui UCL	5,47
8	4,10	4,03	Diantara UCL, LCL	Diantara UCL, LCL	6,10
9	3,98	3,93	Di Bawah LCL	Di bawah LCL	8,39
10	3,90	3,67	Di Bawah LCL	Di Bawah LCL	9,05
11	3,98	3,93	Di Bawah LCL	Di Bawah LCL	11,31
12	3,90	3,87	Di Bawah LCL	Di Bawah LCL	11,20
13	4,24	4,20	Melampaui UCL	Melampaui UCL	6,71
14	4,24	4,13	Melampaui UCL	Melampaui UCL	7,07
15	4,07	4,00	Diantara UCL, LCL	Diantara UCL, LCL	8,06
16	3,97	4,00	Di Bawah LCL	Diantara UCL, LCL	8,41
17	3,97	3,73	Di Bawah LCL	Di bawah LCL	10,36
18	4,00	3,80	Di Bawah LCL	Di Bawah LCL	11,74
19	4,00	3,73	Di Bawah LCL	Di bawah LCL	9,20
20	4,00	3,73	Di Bawah LCL	Di bawah LCL	8,62
21	4,00	3,73	Di Bawah LCL	Di bawah LCL	8,23

Berdasarkan Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5, serta Tabel 6 didapatkan bahwa semakin tinggi nilai kadar lumpur maka semakin rendah mutu beton yang dihasilkan di mana beton mutu f_c' 10 MPa usia 7 hari didapatkan sebanyak empat subgroup yang berada dibawah nilai batas kendali bawah (LCL) dengan kandungan lumpur antara 10,22%-12,76% dengan rata-rata 11,87%; dua subgroup berada diantara nilai batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) dengan kadar lumpur antara 7,62%-7,70% dengan rata-rata 7,66%; serta empat subgroup yang berada diatas nilai batas kendali atas (UCL) dengan kadar lumpur antara 5,75%-6,32% dengan rata-rata 6,11%.

Tabel 6 Perbandingan hasil analisis *Statistical Quality Control (SQC)* dengan kadar lumpur agregat halus beton mutu F_s' 4,5 MPa usia 7 hari

No.	Mutu Beton (MPa)		Analisis SQC		Kadar Lumpur (%)
	Laboratorium	Lapangan	Laboratorium	Lapangan	
1	4,61	4,67	Di Bawah LCL	Di Bawah LCL	10,21
2	4,72	4,87	Di Bawah LCL	Di bawah LCL	8,68
3	4,93	4,93	Melampaui UCL	Melampaui UCL	8,11
4	4,80	4,80	Diantara UCL, LCL	Diantara UCL, LCL	7,34
5	4,72	4,67	Di Bawah LCL	Di bawah LCL	8,07

6	4,80	4,97	Diantara UCL, LCL	Melampaui UCL	5,90
7	4,80	4,93	Diantara UCL, LCL	Melampaui UCL	5,47
8	4,80	4,87	Diantara UCL, LCL	Melampaui UCL	6,10
9	4,62	4,76	Di Bawah LCL	Di Bawah LCL	8,39
10	4,60	4,58	Di bawah LCL	Di bawah LCL	9,05
11	4,60	4,67	Di bawah LCL	Di bawah LCL	11,31
12	4,33	4,47	Di bawah LCL	Di bawah LCL	11,20
13	4,91	4,89	Melampaui UCL	Melampaui UCL	6,71
14	4,77	4,76	Diantara UCL, LCL	Diantara UCL, LCL	7,07
15	4,87	4,87	Melampaui UCL	Melampaui UCL	8,06
16	4,77	4,80	Diantara UCL, LCL	Diantara UCL, LCL	8,41
17	4,53	4,47	Di Bawah LCL	Di bawah LCL	10,36
18	4,71	4,67	Di Bawah LCL	Di bawah LCL	11,74
19	4,80	4,80	Di Bawah LCL	Diantara UCL, LCL	9,20
20	4,98	4,80	Di Bawah LCL	Diantara UCL, LCL	8,62
21	4,98	4,80	Di Bawah LCL	Diantara UCL, LCL	8,23

Sedangkan pada usia 28 hari terdapat 4 subgroup yang berada di bawah nilai batas kendali bawah (LCL) dengan kadar lumpur antara 10,22%-12,76% atau rata-rata 11,77%; dua subgroup berada diantara nilai batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) dengan kadar lumpur antara 7,62%-7,70% atau rata-rata 7,66%; serta 4 subgroup berada di atas batas kendali atas (UCL) dengan kadar lumpur antara 5,75%-6,32% atau rata-rata 6,11%.

Diperoleh kembali hasil pada mutu beton F_s ' 4,5 MPa usia 7 hari terdapat 11 subgroup yang berada di bawah nilai batas kendali bawah (LCL) dengan kadar lumpur anantara 8,23%-11,74% atau rata-rata 9,87% lima subgroup berada diantara nilai batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) dengan kadar lumpur antara 6,10%-8,68% atau rata-rata 7,40%; serta 5 subgroup melampaui batas kendali atas (UCL) dengan kandungan lumpur antara 5,47%-8,07% atau rata-rata 6,76%. Sedangkan pada usia 28 hari diperoleh dua belas subgroup berada dibawah nilai batas kendali bawah (LCL) dengan kadar lumpur antara 8,07%-10,21% atau rata-rata 9,28%; sembilan subgroup berada melampaui nila batas kendali atas (UCL) serta diantara nilai batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) dengan kadar lumpur 7,39%.

Pada hasil analisis menggunakan *Statistical Quality Control (SQC)* diperoleh bahwa hasil uji kadar lumpur berpengaruh terhadap mutubeton, dibuktikan degan hasil uji kuat tekan dan kuat tarik lentur yang semakin menurun pada penggunaan agregat halus dengan kadar lumpur tinggi. Selain itu terdapat pengujian terdahulu yang mendukung seperti menurut (Zhuhur& Sudjatkiko,A.: 2019) mengatakan dalam penelitiannya bahwa semakin banyaknya kadar lumpur pada agregat halus dapat menurunkan mutu beton. Akibat dari penggunaan agregat halus dengan kadar lumpur yang tidak tentu menyebabkan mutu beton yang dihasilkan tidak konsisten. Oleh sebab itu diperlukan perubahan Standar Operasional Prosedur (SOP), di mana perlu dilakukan uji material sebelum dilakukan produksi beton.

3.3.3 Analisis waktu angkut dan tuang beton terhadap mutu beton

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh mutu beton yang dihasilkan terhadap waktu angkut beton dari laboratorium menuju lapangan hingga

tuang beton. Hal ini berkaitan dengan kelecakan campuran, yang berhubungan dengan nilai slump dan suhu campuran seperti terlihat pada Tabel 7 dan Tabel 8 Tabel 9, Tabel 10. Pengujian ini dilakukan ketika produksi berlangsung sebagai bentuk dari Standar Operasional Prosedur (SOP).

Tabel 7 Perbandingan Beton Mutu f_c' 10 MPa Terhadap Waktu angkut dan Tuang campuran beton usia 7 hari

No.	Kuat Tekan (Mpa)		Persentase Mutu (%)	Lama Perjalanan (menit)	Nilai Slump (cm)		Suhu ($^{\circ}$ C)		Umur Pengangkutan (hari)
	Lab	Lap			Lab	Lap	Lab	Lap	
1	5,89	5,94	0,84	45	13,00	8,20	29	31	3
2	6,17	6,20	0,48	42	12,80	8,30	28	31	7
3	6,85	6,90	0,72	43	13,60	9,40	31	31	7
4	8,15	7,80	4,29	47	14,70	10,20	31	33	5
5	7,75	7,70	0,64	49	13,40	9,20	31	33	7
6	8,09	7,60	6,05	38	13,70	9,50	31	34	2
7	6,35	6,50	2,30	42	15,00	10,90	30	33	3
8	7,25	7,50	3,33	42	13,70	9,60	29	34	5
9	6,22	5,90	5,14	49	16,00	11,90	29	32	6
10	6,65	6,79	2,06	45	14,20	10,10	29	32	3

Tabel 8 Perbandingan beton mutu f_c' 10 MPa terhadap waktu angkut dan tuang campuran beton usia 28 hari

No	Kuat Tekan (Mpa)		Persentase Mutu (%)	Lama Perjalanan (menit)	Nilai Slump (cm)		Suhu ($^{\circ}$ C)		Umur Pengangkutan (hari)
	Lab	Lap			Lab	Lap	Lab	Lap	
1	9,17	9,34	1,82	45	13,00	8,20	29	31	3
2	9,56	9,34	2,30	42	12,80	8,30	28	31	7
3	9,90	9,79	1,11	43	13,60	9,40	31	31	7
4	10,47	10,12	3,34	47	14,70	10,20	31	33	5
5	10,13	10,10	0,29	49	13,40	9,20	31	33	7
6	10,13	10,50	3,52	38	13,70	9,50	31	34	2
7	9,50	9,30	2,10	42	15,00	10,90	30	33	3
8	10,40	10,04	3,46	42	13,70	9,60	29	34	5
9	9,50	9,34	1,68	49	16,00	11,90	29	32	6
10	10,04	9,34	6,97	45	14,20	10,10	29	32	3

Tabel 9 Perbandingan beton mutu F_s' 4,5 MPa umur 7 hari terhadap waktu angkut dan tuang

No.	Kuat Tarik Lentur (Mpa)		Persentase Mutu (%)	Lama Perjalanan (menit)	Nilai Slump (cm)		Suhu ($^{\circ}$ C)		Umur Pengangkutan (hari)
	Lab	Lap			Lab	Lap	Lab	Lap	
1	4,05	3,91	3,45	40	12,70	8,70	28	30	7
2	4,17	4,00	4,07	41	12,00	7,80	28	30	7
3	4,19	4,00	4,53	40	13,00	8,50	28	30	7
4	4,17	4,07	2,39	42	12,50	8,20	28	31	3
5	4,23	4,20	0,70	45	10,00	5,70+	28	31	3
6	4,48	4,27	4,68	44	11,00	7,00	28	30	3
7	4,50	4,23	6,00	44	12,70	8,60	28	30	4

8	4,10	4,03	1,70	41	13,00	8,70	30	33	3
9	3,98	3,93	1,25	48	9,00	6,00	27	30	7
10	3,90	3,67	5,89	46	13,00	8,90	28	30	7
11	3,98	3,93	1,25	43	12,00	8,00	28	30	7
12	3,90	3,87	0,76	42	10,50	6,40	28	30	7
13	4,24	4,20	0,94	42	13,00	9,00	28	31	4
14	4,24	4,13	2,59	41	13,00	8,90	28	30	7
15	4,07	4,00	1,71	41	12,50	8,50	30	34	4
16	3,97	4,00	0,75	39	12,50	8,40	29	32	7
17	3,97	3,73	6,04	42	13,00	8,90	30	33	7
18	4,00	3,80	5,00	48	12,00	7,90	29	32	4
19	4,00	3,73	6,75	42	13,00	8,90	30	33	7
20	4,00	3,73	6,75	41	12,70	8,60	29	32	3
21	4,00	3,73	6,75	42	13,00	8,90	29	33	3

Tabel 10 Perbandingan Beton Mutu Fs' 4,5 MPa Umur 28 Hari Terhadap Waktu angkut dan Tuang

No.	Kuat Tarik Lentur (Mpa)		Persentase Mutu (%)	Lama Perjalanan (menit)	Nilai Slump (cm)		Suhu (°C)		Umur Pengangkutan (hari)
	Lab	Lap			Lab	Lap	Lab	Lap	
	1	4,84	4,96	1,28	40	12,70	8,70	28	30
2	4,72	4,87	3,08	41	12,00	7,80	28	30	7
3	4,93	4,93	0,00	40	13,00	8,50	28	30	7
4	4,80	4,80	0,00	42	12,50	8,20	28	31	3
5	4,72	4,67	1,05	45	10,00	5,70	28	31	3
6	4,80	4,97	3,42	44	11,00	7,00	28	30	3
7	4,80	4,93	2,63	44	12,70	8,60	28	30	4
8	4,80	4,87	1,43	41	13,00	8,70	28	33	3
9	4,62	4,76	2,94	48	9,00	6,00	30	30	7
10	4,60	4,58	0,43	46	13,00	8,90	27	30	7
11	4,60	4,67	1,49	43	9,00	8,00	28	30	7
12	4,33	4,47	3,13	42	13,00	6,40	28	30	4
13	4,91	4,89	0,40	42	12,00	9,00	28	31	7
14	4,77	4,76	0,20	46	10,50	8,90	28	30	7
15	4,87	4,87	0,00	41	13,00	8,50	30	34	4
16	4,77	4,80	0,62	41	13,00	8,40	29	32	7
17	4,53	4,47	1,32	41	12,50	8,90	30	33	7
18	4,71	4,67	0,84	42	12,50	7,90	32	32	4
19	4,80	4,80	0,00	39	13,00	8,90	33	33	7
20	4,98	4,80	3,61	42	12,70	8,60	32	32	3
21	4,98	4,80	3,61	41	13,00	8,60	33	33	3

Jika dilihat dari hasil uji antara sampel lapangan dan laboratorium berupa kuat tekan dan kuat tarik lentur diperoleh hasil yang tidak jauh berbeda. Apabila diperhitungkan antara hasil uji sampel lapangan dan laboratorium memiliki tingkat signifikansi 5%. Artinya perbedaan ini hanya menunjukkan probabilitas atau peluang kesalahan sebesar 5%. Hal ini tentunya masih dapat diterima, mengingat tingkat kepercayaan berada diangka 95%-99%. Hasil uji sampel beton antara lapangan dan laboratorium yang tidak jauh berbeda ini tentunya dapat ditarik kesimpulan bahwa factor waktu angkut dan tuang beton dari laboratorium menuju lapangan tidak berpengaruh terhadap mutu. Selain itu dari hasil pengujian kuat

tekan dan kuat tarik lentur beton juga membuktikan bahwa pengangkutan sampel lapangan menuju laboratorium pada usia yang bervariasi tidak berpengaruh terhadap mutu beton. Hal ini didukung juga oleh penelitian terdahulu (Zain, H., 2015) mengatakan bahwa akan terjadi penurunan mutu apabila waktu angkut sampai tuang yang berangsur begitu lama tanpa adanya pemutaran pada truck mixer dengan dibuktikan hasil uji beton.

3.3.4 Analisis pengaruh komposisi terhadap mutu beton

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan komposisi, di mana digunakan komposisi yang berbeda ketika waktu produksi dan waktu khusus. Hasil dari penggunaan komposisi ini ditampilkan pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 11 Perbandingan hasil kuat tekan beton mutu f_c' 10 MPa

No. Sampel	Kuat Tekan (Mpa) 7 Hari			Kuat Tekan (Mpa) 28 Hari		
	Laboratorium	Lapangan	Khusus	Laboratorium	Lapangan	Khusus
1	5,89	5,94	10,20	9,17	9,34	14,71
2	6,17	6,20	9,90	9,56	9,34	15,56
3	6,85	6,90	9,90	9,90	9,79	15,00
4	8,15	7,80	10,50	10,47	10,12	15,00
5	7,75	7,70	10,50	10,13	10,10	15,28
6	8,09	7,60		10,30	10,50	
7	6,35	6,50		9,50	9,30	
8	7,25	7,50		10,40	10,04	
9	6,22	5,90		9,50	9,34	
10	6,65	6,79		10,04	9,76	
Persentase		32,25 %			34,94 %	

Tabel 12 Perbandingan Hasil Uji Kuat Tarik lentur Beton

No.	Kuat Tarik Lentur (Mpa) 7 Hari			Kuat Tarik Lentur (Mpa) 28 Hari		
	Laboratorium	Lapangan	Khusus	Laboratorium	Lapangan	Khusus
1	4,05	3,91	5,60	4,61	4,67	6,00
2	4,17	4,00	5,87	4,72	4,87	6,00
3	4,19	4,00	5,73	4,93	4,93	6,00
4	4,17	4,07	5,73	4,80	4,8	6,40
5	4,23	4,20	5,33	4,72	4,67	6,00
6	4,48	4,27	5,07	4,80	4,97	6,00
7	4,50	4,23	5,47	4,80	4,93	6,13
8	4,10	4,03	5,60	4,80	4,87	6,00
9	3,98	3,93	5,33	4,62	4,76	6,00
10	3,90	3,67	5,33	4,60	4,58	6,00
11	3,98	3,93		4,60	4,67	
12	3,90	3,87		4,33	4,47	
13	4,24	4,20		4,91	4,89	
14	4,24	4,13		4,77	4,76	
15	4,07	4,00		4,87	4,87	
16	3,97	4,00		4,77	4,80	
17	3,97	3,73		4,53	4,47	
18	4,00	3,80		4,71	4,67	
19	4,00	3,73		4,80	4,80	
20	4,00	3,73		4,98	4,80	

21	4,00	3,73	4,98	4,80
Persentase		26,86 %		21,40 %

Berdasarkan hasil yang diperoleh antara sampel produksi dan sampel khusus baik mutu $f_c'10$ MPa maupun $F_s'4,5$ MPa pada Tabel 6 dan Tabel 7, ternyata sampel khusus yang menggunakan penambahan aditif lebih tinggi menghasilkan mutu beton. Hal ini juga yang menjadi pendukung bahwa komposisi menjadi faktor terhadap mutu beton yang dihasilkan. Diperkuat juga dengan penelitian sebelumnya yang mengatakan semakin besar persentase *admixture* Naptha E-121 tipe retarder mendorong peningkatan kekuatan tekan awal yang tinggi, meski terjadi peningkatan *slump* yang tinggi (Purwanto et al., 2022)

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang menjawab tujuan dari penelitian yakni untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap mutu beton *Ready-Mix*.

1. Penyebab perbedaan mutu yang dihasilkan tersebut tentunya berkaitan dengan faktor penurunan mutu beton di mana beberapa material pencampur yang tidak memenuhi spek seperti kadar lumpur pasir yang melebihi dari 5%.
2. Waktu perjalanan yang berkaitan dengan temperature dan kelecakan campuran berpengaruh terhadap mutu. Namun pada penelitian ini faktor tersebut tidak mempengaruhi mutu dibuktikan dengan hasil uji yang tidak jauh berbeda antara sampel laboratorim dan lapangan.
3. Asumsi berikutnya ialah pengaruh pengangkutan sampel lapangan diusia yang variatif menuju laboratorium. Faktor ini juga ternyata tidak berpengaruh terhadap hasil uji yang didapat antara laboratorium dan lapangan, yang mana memiliki nilai persentase beda lebih dari 5% hanya sebanyak 3 dari 10 tanggal produksi pada beton mutu $f_c'10$ MPa dan 4 dari 21 tanggal produksi beton mutu $F_s'4,5$ MPa usia 7 hari. Sedangkan usia 28 hari hanya ada satu tanggal produksi yang melebihi 5%.
4. Penggunaan komposisi yang sesuai dengan material. Asumsi yang menjadi faktor penurunan mutu beton ini didukung oleh beberapa penelitian sebelumnya di mana agregat dengan kadar lumpur tinggi menyebabkan penurunan mutu beton. Selain itu penggunaan bahan *admixture* juga berpengaruh terhadap mutu yang dihasilkan. Seperti yang diketahui dari hasil uji baik berupa kuat tekan maupun kuat tarik lentur. Beton dengan penggunaan *admixture* Naptha E-121 1,2 % menghasilkan kuat tarik lentur lebih besar dibanding penggunaan Naptha E-121 0,9 %. Penggunaan Naptha E-121 0,6% pada sampel silinder menghasilkan kuat tekan yang lebih baik dibanding Naptha E-121 0,3%.

4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan sebagai bentuk rekomendasi adalah penyebab menurunnya mutu harus dapat dihindari dalam beton readymix agar penggunaan sesuai dengan yang diharapkan.

Daftar Kepustakaan

- Alkhaly, Y. R. (2016). Perbandingan Rancangan Campuran Beton Berdasarkan SNI 03-2834-2000 Dan SNI 7656:2012 Pada Mutu Beton 20 MPa. *Teras Jurnal*, 6(1), 11.
- Amiruddin, Ibrahim, & Sulianti, I. (2014). Terhadap Jumlah Semen Untuk Pembuatan Beton Scc Dengan Bahan Tambah Sp430 Dan Rp260. *Pilar Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 147–153.
- Chopane, A. V., & S. Wayal, D. A. (2016). Evaluation of Quality of Concrete Road Project based on Statistical Quality Control Techniques. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 13(05), 88–92.
- Cozy,Z., & Saelan, P. (2019). Tinjauan Ulang Mengenai Kadar Maksimum Lumpur Pasir dalam Campuran Beton Cara SNI. (Hal. 64-73). *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 5(3), 64.
- Gardjito, E. (2017). Pengendalian Mutu Beton dengan Metode Control Chart (SPC) dan Process Capability (Six-Sigma) pada Pekerjaan Konstruksi. *Jurnal UKaRsT. Universitas Kadiri*, 1(2), 110–119.
- Hidayawanti, R., Sofyan, M., Fadilah, M. A., Azzahra, T., & Humairotunnisa, Y. D. (2022). Pengaruh Variasi Faktor Air Semen Pada Pemanfaatan Slag Pada Mutu Beton Tingkat Tinggi. *Jurnal Forum Mekanika*, 11(1), 38–46.
- Mulyati, M., & Arkis, Z. (2020). Pengaruh Metode Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 7(2), 78–84.
- Nastiti, 2014. *Analisis Pengendalian Kualitas Produk Dengan Metode Statistical Quality Control (Studi Kasus : pada PT “ X ” Depok)*. 414–423.
- Nasution, M. (2022). Perbandingan kuat tekan beton menggunakan agregat halus. Menggunakan agregat halus (pasir). *Jurnal Bidang Aplikasi Teknik Sipil Dan Sains*, 1(2), 57–63.
- PBI . (1971). Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971. *Jakarta: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan*, 7, 130.
- Prayuda, H., & Pujianto, A. (2018). Analisis Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambah Superplastisizer dan Limbah Las Karbit. *Rekayasa Sipil*, 12(1), 32–38.
- Purwanto, E., Noorhidana, V. A., & Junaedi, T. (2022). *Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri Perbandingan Pengaruh Penambahan Naptha E121 dan Nexco Polinex He 500 Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Rigid Pavement*. 5.
- Purwanto, & Yulita Arni Priastiwi. (2012). Pengaruh Kadar Lumpur Pada Agregat Halus Dalam Mutu Beton. *Universitas Diponegoro*, 33, 46–52.
- Rieska, A. W., Warizman, & Sumardi, S. (2016). Pengaruh Lama Waktu Pencampuran Terhadap Mutu Beton. *Jurnal Kalibrasi*, 11, 83–97.
- Salain, I. M. (2009). Pengaruh jenis semen dan jenis agregat kasar terhadap kuat tekan beton. *Teknologi Dan Kejuruan*, 32(1), 63–71.
- SNI 1970-2008. (2008). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 7–18.
- SNI 6880. (2016). Spesifikasi Beton Struktural. *Sni 6880:2016*, 1, 1–156.
- Tri Mulyono. (2019). *Teknologi Beton: Dari Teori Ke Praktek*.

- Usman, K., & Widyawati, R. (2011). *Pada Batching Plant Dengan Menggunakan*. 15(1), 2011.
- Widiaswant, E. (2014). Penggunaan Metode Statistical Quality Control (SQC) untuk Pengendalian Kualitas Produk. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 4(2), 6–12.
- Zain, H. (2019). Pengaruh Waktu Pengangkutan Adukan Beton Ke Tempat Pengecoran Terhadap Kekuatan Tekan. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 1(2), 155–162.