



# Implementasi Metode Statistical Quality Control (SQC) dalam Pengendalian Mutu Beton pada Proyek Konstruksi

**Mocahmmad Safrizala Al Farizi<sup>1</sup>, Ahmad Rijal Zufri<sup>2</sup>, Faza Ardisa Sabian Alathas<sup>3\*</sup>, Widarto Sutrisno<sup>4</sup>, Detha Sekar Langit Wahyu Gutama<sup>5</sup>**

*<sup>1,2,3,4,5</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa, Indonesia*

*\*Email : [allfarizzzi@gmail.com](mailto:allfarizzzi@gmail.com)*

**Abstrak:** Concrete is widely used in the construction of buildings, bridges, and roads. The quality of concrete affects the stability and durability of the structure, so quality control in concrete production is very important. One of the methods that can be applied in concrete quality control is Statistical Quality Control (SQC). This study aims to test the quality of concrete through fine and coarse aggregate testing, specific gravity testing, water absorption, bulk specific gravity, sludge content, job mix test, and concrete bending strength test. The test results showed that the resulting concrete had a bending strength higher than the required standard, which was an average of 48.04 kg/m<sup>2</sup> which was greater than 45 kg/cm<sup>2</sup>. These results show that the FS 45 concrete tested has quality that meets the criteria and can be applied to construction with good performance.

**Kata Kunci:** Concrete, Concrete Quality, Aggregate, SQC.

## 1. PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu material utama dalam industri konstruksi yang banyak digunakan untuk berbagai jenis struktur, seperti bangunan, jembatan, dan jalan raya (Nurfitriana dkk., 2023). Beton terbuat dari semen, air, agregat kasar dan halus, serta komponen lain yang awalnya lentur namun lama-kelamaan mengeras (Pradana dkk., 2023). Salah satu komponen konstruksi beton adalah agregat kasar yang terbagi menjadi dua jenis, yaitu agregat alami dan agregat buatan (Riski dkk., 2021).

Fokus pembangunan dan pemeliharaan jalan saat ini adalah pada pemanfaatan material lokal. Namun, kualitas agregat yang digunakan dalam material perkerasan jalan harus sesuai dengan kriteria yang menjadi kebutuhan wajib (Hakzah dkk., 2021). Agregat merupakan komponen utama konstruksi perkerasan jalan, yaitu sebesar 90-95% berat agregat dan 75-85% volume agregat (Sukirman, 1999). Mutu dan kualitas agregat sangat mempengaruhi kinerja perkerasan jalan dalam memikul beban lalu lintas (Mohammad, 2012). Akan tetapi, sulit untuk mendapatkan agregat yang memenuhi kriteria tersebut apabila agregat diambil langsung dari alam. Untuk memperoleh bentuk butiran agregat yang memenuhi standar dalam penggabungannya (Balai Bahan dan Perkerasan Jalan, 2011) (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002).

Keunggulan beton terletak pada kekuatannya yang tinggi, daya tahan yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan, serta biaya perawatan yang relatif rendah (Risal dkk., 2022). Namun, mutu beton sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti komposisi material, proses pencampuran, serta metode pengujian dan pengendalian mutu yang diterapkan. Oleh karena itu, pengendalian mutu yang tepat menjadi elemen krusial dalam menjamin kestabilan dan keandalan struktur beton yang dihasilkan. Mutu

beton yang digunakan harus sesuai rencana untuk menghasilkan bangunan yang berkualitas (Artha dkk., 2013).

Salah satu metode yang dapat diterapkan dalam pengendalian mutu beton adalah *Statistical Quality Control* (SQC). SQC merupakan pendekatan berbasis statistik yang digunakan untuk memantau dan mengontrol kualitas suatu produk atau proses (Hairiyah dkk., 2019). Dalam konteks produksi beton, metode ini memungkinkan pengukuran dan analisis variabilitas dalam proses pencampuran dan produksi beton, sehingga potensi penyimpangan dapat diidentifikasi dan dikendalikan sebelum berdampak signifikan pada hasil akhir. Dengan penerapan SQC, produsen beton dapat memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang ditetapkan serta kebutuhan spesifik proyek konstruksi.

Implementasi SQC dalam pengendalian mutu beton melibatkan pengumpulan data melalui pengujian rutin, seperti uji kuat tekan, uji kadar air, dan uji keawetan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan alat statistik, seperti diagram kontrol, histogram, atau analisis trend, untuk mengevaluasi kesesuaian hasil dengan spesifikasi teknis. Penerapan SQC tidak hanya membantu dalam mengurangi risiko kegagalan konstruksi tetapi juga berkontribusi pada efisiensi biaya dan waktu dalam pelaksanaan proyek.

SQC umumnya disebut sebagai SPC (Statistical Process Control), namun kedua metodologi tersebut berbeda. SQC memiliki jangkauan yang lebih luas karena menggabungkan SPC, pengambilan sampel akseptabilitas, dan analisis kapabilitas proses. SQC digunakan untuk memantau output proses, sedangkan SPC digunakan untuk mengontrol input proses. Dengan kata lain, SPC berguna untuk memantau proses secara real time guna mencegah kerusakan, sedangkan SQC digunakan untuk memastikan bahwa setiap output atau produk memenuhi spesifikasi yang ditentukan, dan aktivitas seperti inspeksi tambahan dilakukan setelah produksi selesai (Setiadi dkk., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi metode Statistical Quality Control (SQC) dalam pengendalian mutu beton pada proyek konstruksi. Fokus utama penelitian adalah mengevaluasi efektivitas SQC dalam menjaga kualitas beton yang dihasilkan serta mengidentifikasi langkah-langkah perbaikan yang dapat diterapkan berdasarkan hasil analisis data. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada peningkatan kualitas proses produksi beton di industri konstruksi sekaligus menjadi acuan bagi para praktisi dalam menerapkan pengendalian mutu berbasis statistik.

## **2. METODOLOGI PENELITIAN**

### **2.1. Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis data mutu beton menggunakan metode SQC untuk mengetahui tingkat penyimpangan mutu beton dari standar yang ditetapkan.

### **2.2. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian di lakukan dari tanggal 21 September 2024 sampai dengan tanggal 23 November 2024 di Laboratorium Bleaching Plant PT Surya Cakra Sakti Klaten Jawa Tengah.

## 2.3. Prosedur Pengujian

### a. Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus dilakukan untuk menentukan distribusi ukuran partikel agregat halus yang digunakan dalam campuran beton. Prosedur dimulai dengan mengambil sampel agregat halus yang akan diuji, kemudian menimbang berat sampel tersebut. Sampel tersebut selanjutnya diletakkan pada serangkaian saringan bertingkat dengan ukuran lubang yang semakin kecil, dimulai dari saringan dengan lubang terbesar di bagian atas. Saringan-saringan ini dipasang pada mesin pengayak (shaker) dan diproses dengan mengayak sampel selama 10-15 menit untuk memastikan bahwa agregat dapat terdistribusi dengan baik sesuai ukuran partikelnya. Setelah proses pengayakan selesai, agregat yang tertinggal di setiap saringan ditimbang. Berat agregat yang tertinggal pada setiap saringan kemudian dihitung persentasenya menggunakan persamaan berikut (SNI 03-1968-1990):

$$\text{Persen Berat} = \frac{B1}{B2} \times 100\%$$

### b. Pengujian Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar bertujuan untuk menentukan distribusi ukuran partikel agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton. Proses dimulai dengan menimbang sampel agregat kasar yang akan diuji. Sampel kemudian diayak menggunakan serangkaian saringan bertingkat, di mana saringan dengan ukuran lubang terbesar berada di bagian atas dan saringan dengan ukuran lubang terkecil di bagian bawah. Setelah proses pengayakan selesai, agregat yang tertinggal di setiap saringan ditimbang. Persentase distribusi ukuran agregat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (SNI 03-1968-1990):

$$\text{Persen Berat} = \frac{B1}{B2} \times 100\%$$

### c. Pengujian Berat Jenis, Penyerapan Air dan Berat Isi Material Pasir dan Split

Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada material agregat bertujuan untuk menentukan sifat fisik dari agregat yang digunakan dalam campuran beton, baik itu pasir maupun split. Prosedur dimulai dengan merendam sampel agregat dalam air selama 24 jam, agar agregat menjadi jenuh dengan air. Setelah direndam, agregat ditiriskan dan ditimbang dalam kondisi basah jenuh permukaan (SSD - Saturated Surface Dry). Selanjutnya, agregat dikeringkan

dalam oven hingga mencapai berat kering konstan, kemudian ditimbang kembali. Berat jenis dan penyerapan air dihitung berdasarkan perbedaan berat agregat dalam kondisi kering dan basah menggunakan persamaan berikut (SNI 03-1969-1990)( SNI 03-1970-1990):

Berat Jenis :

$$\text{Berat jenis} = \frac{\text{Berat Agregat Kering}}{\text{Volume Agregat}}$$

Pengujian penyerapan air pada agregat dilakukan dengan cara merendam sampel agregat kering dalam air selama 24 jam. Setelah perendaman, agregat ditiriskan dan ditimbang dalam kondisi basah. Penyerapan air dihitung dengan rumus

Penyerapan Air (%):

$$\text{Penyerapan Air}(\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

Pengujian berat isi (bulk density) pada agregat bertujuan untuk menentukan kepadatan agregat, baik dalam kondisi lepas maupun padat. Wadah diisi dengan split tanpa pemadatan untuk mendapatkan bulk density lepas, atau dipadatkan menggunakan batang pemadat untuk memperoleh bulk density padat. Berat wadah yang berisi split ( $W_1$ ) kemudian ditimbang, dan dikurangi dengan berat wadah kosong ( $W_2$ ) untuk mendapatkan berat split ( $W$ ). Berat isi dihitung dengan rumus berikut:

Berat Isi :

$$\text{Berat Isi} = \frac{W}{V}$$

Pengujian kadar lumpur dilakukan untuk mengetahui kandungan material halus yang tidak diinginkan pada agregat. Prosedur dimulai dengan mengambil sampel agregat (halus atau kasar) dan menimbang beratnya ( $W_1$ ). Agregat kemudian direndam dalam air dan diaduk hingga material halus (lumpur) terlepas, lalu air yang mengandung lumpur disaring dan lumpur yang terpisah dikumpulkan. Lumpur yang terkumpul kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105–110°C hingga beratnya stabil. Setelah pengeringan, berat lumpur kering yang terkumpul ( $W_2$ ) ditimbang. Kadar lumpur dihitung dengan rumus berikut (SNI 03-4142-1996):

Kadar Lumpur (%) :

$$Kadar Lumpur(\%) = \frac{W_2}{W_1} \times 100$$

#### d. Pengujian Job Mix

Proses produksi beton siap pakai diawali dengan penyediaan komponen-komponen utama, yaitu agregat kasar, agregat halus, semen, *fly ash*, air, dan bahan tambah (SNI 7656:2012). Komponen-komponen tersebut siap dicampur dengan perbandingan yang diinginkan. Agregat kasar dan halus dikeluarkan dan diangkut dengan *wheel loader*, sedangkan pasir dan kerikil dari tempat penyimpanan material diambil dengan menggunakan *bucket* dan ditampung dalam bak untuk diproses lebih lanjut. Setelah itu, material yang telah diproduksi akan ditimbang di *Batching Plant*.

Penimbangan material dibagi menjadi tiga jenis: penimbangan agregat, penimbangan semen dan abu terbang, serta penimbangan air. Setiap material ditimbang untuk menentukan berapa banyak yang dibutuhkan untuk mengisi kapasitas truk pengaduk beton, dan komponen campuran ditambahkan sesuai dengan takaran. Selanjutnya, setelah semua material ditimbang, prosedur aliran material akan dimulai. Kerikil, pasir, semen, abu terbang, dan campuran dimasukkan satu per satu ke dalam truk pengaduk beton. Air kemudian dimasukkan ke dalam drum truk pengaduk sesuai dengan jumlah yang diperkirakan sebelumnya.

Tahap terakhir adalah pencampuran, yang dilakukan di dalam drum truk pengaduk beton. Pencampuran yang baik akan terjadi jika teknik pengisian, ukuran *batch*, metode penambahan air, kecepatan pengaduk, dan jumlah putaran di dalam truk pengaduk drum diikuti dengan tepat. Kecepatan putaran drum dan durasi pencampuran memiliki dampak yang signifikan terhadap keseragaman dan kualitas campuran beton. Prosedur pencampuran yang optimal memastikan bahwa semua elemen tercampur secara merata, sehingga menghasilkan beton yang memenuhi kriteria.

Proses Pencampuran beton untuk mencapai hasil yang optimal, diperlukan pemahaman mengenai volume dan proporsi masing-masing bahan. Dalam pembuatan beton, rasio bahan yang digunakan, terutama air dan semen, sangat penting untuk mencapai kekuatan beton yang sesuai standar. Misalnya, rasio air-semen (W/C ratio) dihitung dengan persamaan berikut:

$$Rasio Air/Semen\left(\frac{W}{C}\right) = \frac{Berat Air}{Berat Semen}$$

Rasio ini harus diperhatikan untuk memperoleh kekuatan beton yang diinginkan. Dengan prosedur yang teliti dan perhitungan yang tepat, beton ready mix dapat dihasilkan dengan kualitas yang baik dan sesuai dengan standar yang ditetapkan.

### e. Pengujian Kuat Lentur Beton

Proses pengujian kuat tekan beton dimulai dengan persiapan sampel beton, yang berupa balok beton yang telah dipadatkan dengan menggunakan batang pemadat atau meja getar untuk menghilangkan rongga udara. Setiap lapisan beton dalam cetakan harus dipadatkan dengan baik untuk memastikan hasil uji yang akurat. Balok beton yang diuji harus memiliki umur 28 hari untuk mendapatkan hasil yang representatif terhadap kekuatan beton dalam kondisi yang sudah matang. Sampel beton disimpan dalam air atau ruang lembab dengan suhu konstan hingga mencapai umur pengujian, yang biasanya dilakukan pada 7, 14, atau 28 hari.

Selanjutnya, mesin uji lentur harus dikalibrasi dengan baik dan dipastikan berfungsi dengan benar sebelum digunakan. Setelah mesin siap, balok beton diletakkan pada dua tumpuan sejajar di mesin uji lentur. Beban kemudian diberikan secara bertahap pada titik tengah balok beton, dan defleksi yang terjadi pada balok diukur secara berkala. Beban maksimum yang diterima oleh balok sebelum kerusakan atau retakan terjadi dicatat dengan teliti.

Setelah pengujian selesai, kekuatan lentur beton dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (SNI 4431:2011):

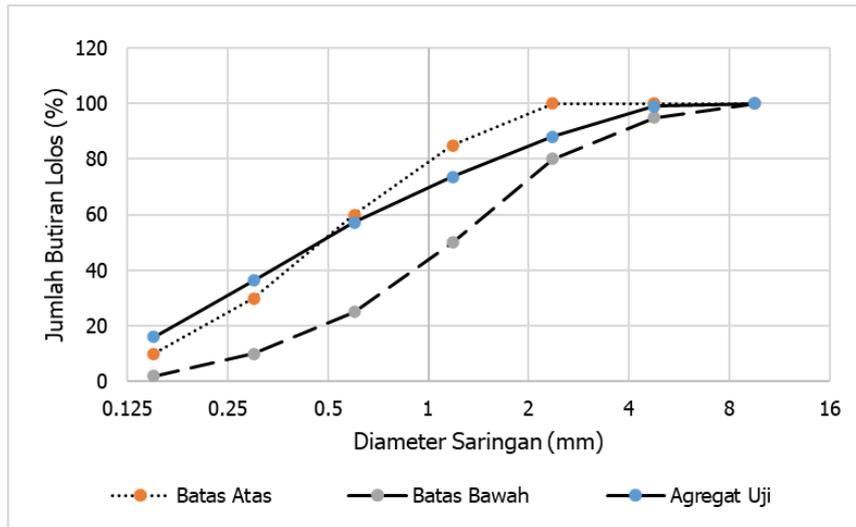
Kekuatan Lentur :

$$f_l = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil Uji Saringan Agregat Halus

Dari gambar 3.1 grafik gradasi agregat halus di bawah ini menunjukkan distribusi ukuran butir yang tidak sesuai dengan standar yang berlaku. Berdasarkan analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa agregat halus ini tergolong material kasar yang belum memenuhi persyaratan standar yang ditetapkan, yaitu SNI dan ASTM C33.



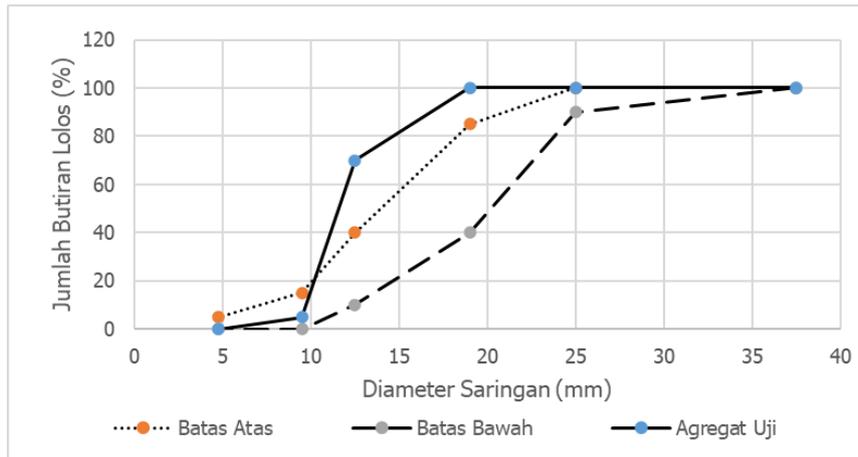
**Gambar 3.1 Grafik Gradasi Agregat Halus**

**Tabel 3.1 Hasil Uji Saringan Agregat Halus**

Lubang ayakan	Berat Tertahan (gr)	Kum. Berat Tertahan (%)	Kum. Tertahan (%)	Kum. Lolos (%)
9,50	0,00	0,00	0,00	100,00
4,75	15,00	1,00	1,00	99,00
2,36	165,00	11,00	12,00	88,00
1,18	215,00	14,33	26,33	73,67
0,60	245,00	16,33	42,67	57,33
0,30	316,00	21,07	63,73	36,27
0,15	304,00	20,27	84,00	16,00
Pan	240,00	16,00	100,00	0,00
Total	1500,00	100,00		

### 3.2. Hasil Uji Saringan Agregat Kasar

Dari gambar 3.2 grafik gradasi agregat kasar di bawah ini, dapat disimpulkan bahwa agregat kasar yang digunakan tergolong material yang belum memenuhi standar yang ditetapkan, yaitu SNI dan ASTM C33. Grafik tersebut menunjukkan bahwa distribusi ukuran butir agregat kasar tidak sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan, yang dapat mempengaruhi kualitas dan kinerja material dalam aplikasi konstruksi, terutama dalam pembuatan beton.



Gambar 3.2 Gradasi Agregat Kasar

Tabel 3.2 Hasil Pengujian Saringan Agregat Kasar

Lubang ayakan	Berat Tertahan (gr)	Accumul (gr)	Accumul (gr)	Tertahan (%)	Kum. Tertahan	Kum. Lolos (%)
37,5	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
25	0,00	0,00	0,00	100,00	95,00	100,00
19	7,60	7,60	0,51	99,49	30,00	100,00
12,5	40,75	48,35	3,22	96,78	10,00	70,00
9,5	188,45	236,80	15,79	84,21	0,00	5,00
4,75	306,80	543,60	36,24	63,76	0,00	0,00
2,36	559,60	1103,20	73,55	26,45	0,00	0,00
1,18	396,80	1500,00	100,00	0,00	0,00	0,00
	1500,00					

### 3.3. Hasil Uji Berat Jenis, Penyerapan, Berat Isi, Dan Kadar Lumpur Agregat Halus Dan Kasar

Pada tabel 3.3 pengujian berat jenis, penyerapan, berat isi, dan kadar lumpur agregat halus dan kasar dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Berat jenis agregat halus menunjukkan nilai berat jenis jenuh kering permukaan sebesar 2,57, sehingga memenuhi syarat yaitu 2,57. Dan berat jenis agregat kasar menunjukkan nilai berat jenis jenuh kering permukaan sebesar 2,57, sehingga memenuhi syarat yaitu 22,4.
- b. Penyerapan air agregat halus diperoleh sebesar 1,73 %, penyerapan agregat halus ini memenuhi standar spesifikasi yaitu 4%. Dan Penyerapan air agregat kasar

diperoleh sebesar 2,41 %, penyerapan agregat kasar ini memenuhi standar spesifikasi yaitu 4%.

- c. Berat isi agregat halus hasil uji berat isi menunjukkan nilai sebesar 1371, sehingga memenuhi syarat yaitu 1200. Dan berat isi agregat kasar Hasil uji berat isi menunjukkan nilai sebesar 1371, sehingga memenuhi syarat metode uji ASTM C33-93, ASTM C29 / C 29 M – 97, SN1 03 – 4804 - 1998 yaitu bernilai antara 1200.
- d. Berdasarkan hasil penelitian, kadar lumpur pada agregat halus sebesar 4,82%, yang memenuhi standar tidak lebih dari 5%. Berdasarkan hasil penelitian, kadar lumpur pada agregat kasar sebesar 0,86%, yang memenuhi standar tidak lebih dari 1%.

**Tabel 3.3 Hasil Uji Berat Jenis, Penyerapan, Berat Isi, dan Kadar Lumpur Agregat Halus dan Kasar**

No	Jenis Pengujian	Agregat Halus	Agregat Kasar
1	Berat Jenis SSD	2,57 gram/m <sup>3</sup>	2,57 gram/m <sup>3</sup>
2	Penyerapan	1,73%	2,41 %
3	Berat Isi	1371 kg/m <sup>3</sup>	1347 kg/m <sup>3</sup>
4	Kadar Lumpur	4,82%	0,86 %

#### D. Hasil Uji Job Mix

Dari tabel 3.4 hasil job mix beton dibawah ini, saat menyiapkan beton sesuai kebutuhan, penting untuk merancang campuran dengan cermat. Berdasarkan temuan perencanaan campuran beton untuk mutu FS 45 dengan kemerosotan  $5 \pm 2$  cm. Persentase beton FS 45 untuk volume 1 m<sup>3</sup> dihitung sebagai 170 liter air, 336 kg/m<sup>3</sup> PC, 711 kg/m<sup>3</sup> agregat halus, dan 1109 kg/m<sup>3</sup> agregat kasar, *Fly Ash* (sisa pembakaran batu bara yng sangat halus) 59 kg/m<sup>3</sup>, *Admixture* (bahan tambahan) 1,58 kg/m<sup>3</sup>, sehingga total *density* kepadatan beton 2387.

**Tabel 3.4 Job Mix Beton**

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Kuat tekan karakteristik	K 350 kg/cm <sup>2</sup>
2	Deviasi standart diambil	4,0 kg/cm <sup>2</sup>
3	Nilai Tambah/ Margin	6,6 kg/cm <sup>2</sup>
4	Kekuatan rata-rata target	356,56 kg/cm <sup>2</sup>
5	semen	3,15
6	Fly Ash	2,34

7	Jenis agregat kasar	2,54
8	Jenis agregat halus	2,69
9	Faktor air semen (Fas)	0,430
10	Nilai Slump	5 + 2,5 cm
11	Ukuran Agregat. Max	25 mm
12	Kadar Air bebas (split)	170 ltr/m <sup>3</sup>
13	Kadar semen	395 kg/m <sup>3</sup>
14	Admixture	1,58 %
15	Total volume paste	296 m <sup>3</sup>
16	Total volume agregat	704 m <sup>3</sup>
17	Persen Agregat Halus	0,38%
18	Persen agrgat kasar	0,62 %
19	Kadar Agregat Halus	711 kg/m <sup>3</sup>
20	Kadar Agregat Kasar	1109 kg/m <sup>3</sup>
21	Semen	336 kg/m <sup>3</sup>
22	Fly Ash	59 kg/m <sup>3</sup>
23	Agregat Halus	711 kg/m <sup>3</sup>
24	Agregat Kasar	1109 kg/m <sup>3</sup>
23	Air	170 kg/m <sup>3</sup>
25	Admixture	1,58 kg/m <sup>3</sup>
26	Density	2387 kg/m <sup>3</sup>

### **E. Hasil Uji Kuat Lentur Beton**

Dari tabel 3.5 hasil kuat lentur beton Fs 45 yang dilakukan dengan benda uji balok ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm. Pembebanan dengan 2 titik sehingga kuat lentur adalah  $PL/(bh^2)$  dimana P adalah gaya tekan, L adalah jarak 2 titik pembebanan, b adalah lebar tampang balok, dan d adalah tinggi tampang balok. Dari hasil pengujian kuat lentur beton Fs 45 dalam bentuk balok menunjukkan kuat lentur rata-rata adalah 48,04 kg/m<sup>2</sup> > mutu yang disyaratkan 45 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabel 3.5** Hasil Uji Kuat Lentur Beton

Umur	Gaya Tekan (P)	Panjang 2 Tumpuan (L)	Lebar Balok (b)	Tinggi Balok (d)	Modulus Of Rupture $\sigma_{MR} = PL/bd^2$
Hari	KN	Cm	Cm	Cm	MPa
28	35	45	15	15	47,59
28	36	45	15	15	48,95
28	35	45	15	15	47,59
RATA - RATA					48,04

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji yang dilakukan, bahwa sebagian besar material yang digunakan dalam campuran beton memenuhi persyaratan standar yang ditetapkan, meskipun terdapat beberapa ketidaksesuaian pada distribusi ukuran butir agregat halus dan kasar. Pada uji saringan, baik agregat halus maupun agregat kasar menunjukkan distribusi ukuran butir yang tidak sesuai dengan standar yang berlaku, yaitu SNI dan ASTM C33, yang dapat mempengaruhi kualitas beton jika tidak diperbaiki. Namun, hasil uji berat jenis, penyerapan air, berat isi, dan kadar lumpur menunjukkan hasil yang memenuhi standar. Berat jenis agregat halus dan kasar masing-masing memenuhi syarat dengan nilai yang sesuai, yaitu 2,57 untuk agregat halus dan 2,57 untuk agregat kasar. Penyerapan air untuk agregat halus dan kasar masing-masing berada pada nilai 1,73% dan 2,41%, yang berada dalam batas spesifikasi yang diizinkan. Berat isi agregat halus dan kasar juga menunjukkan hasil yang sesuai dengan standar, yaitu 1371 kg/m<sup>3</sup>, yang memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Hasil uji kadar lumpur menunjukkan bahwa kadar lumpur agregat halus sebesar 4,82%, yang masih dalam batas toleransi 5%, sedangkan kadar lumpur agregat kasar sebesar 0,86%, yang juga memenuhi syarat yang ditetapkan. Perencanaan campuran beton yang dilakukan dengan mutu FS 45 menunjukkan proporsi campuran beton yang sesuai dengan standar, menghasilkan beton dengan total densitas 2387 kg/m<sup>3</sup>. Pengujian kuat lentur beton menunjukkan bahwa beton FS 45 yang diuji dengan balok ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm memiliki rata-rata kuat lentur sebesar 48,04 kg/cm<sup>2</sup>, yang lebih tinggi dari nilai mutu yang disyaratkan sebesar 45 kg/cm<sup>2</sup>. Secara keseluruhan, meskipun ada beberapa ketidaksesuaian pada distribusi ukuran butir agregat, pengujian material lainnya dan hasil uji kuat lentur beton menunjukkan bahwa beton yang dihasilkan memenuhi spesifikasi yang ditetapkan dan dapat digunakan untuk aplikasi konstruksi yang memerlukan mutu beton tinggi.

## **REFERENSI**

- Anonim. (1990). SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Jakarta: Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. (1990). SNI 03-1969-1990 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Jakarta: Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. (1990). SNI 03-1970-1990 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Jakarta: Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. (1996). SNI 03-4142-1996 Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm). Jakarta: Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. (2011). SNI 4431:2011 Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (2012). SNI 7656:2012 Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Artha, P. G. B., Adnyana, I., & Widhiawati, I. (2013). Implementasi Sistem Manajemen Mutu Iso 9001: 2008 pada Proyek Alaya Resort Ubud. *Jurnal Ilmiah Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil*, 2(1), 1-8.
- Balai Bahan dan Perkerasan Jalan. (2011). Pengendalian mutu pekerjaan aspal dan agregat: Kementerian Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2002). Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas, Direktorat Jendral Prasarana Wilayah, Departemen Kimpraswil, Jakarta.
- Hairiyah, N., Amalia, R. R., & Luliyanti, E. (2019). Analisis statistical quality control (SQC) pada Produksi roti di Aremania Bakery. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 8(1), 41-48.
- Hakzah, H., Sulfanita, A., & Yulianti, Y. (2021). Studi Kelayakan Sifat Fisik Agregat Untuk Struktur Perkerasan Jalan. *Jurnal Karajata Engineering*, 1(1), 1-6.
- Mohammad, A. (2012). Optimasi kadar aspal beton AC 60/70 Terhadap Karakteristik Marshall Pada Lalu Lintas Berat Menggunakan Material Lokal Bantak. *Fakultas Teknik. Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Nurfitriana, N., Hakzah, H., Hamsyah, H. (2023). Studi Kelayakan Agregat Kasar dari Gunung Buccumpare dan Agregat Halus dari Sungai Lasape. *Jurnal Karajata Engineering*, 3(1), 52-58.

- Pradana, R. P., Arini, R. N. & Andreas, A. (2023). Analisa Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton Fly Ash Dengan Penambahan Serat Polypropylene. *Jurnal Artesis*, 3(1), 103-108.
- Risal, M., Jasman, J., & Hamka, H. (2022). Pengaruh Substitusi Agregat Halus Dengan Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton. *Jurnal Karajata Engineering*, 2(2), 31-37.
- Riski, M., Kurniasari, F. D. & Bunyamin. (2021). The Effect of Mixing Natural Aggregates with Artificial Aggregates on Marshall Parameters. *Jl*, 6(1), 10-19.
- Setiadi, M. S., Usman, K., Sebayang, S., & Kustiani, I. (2024). Analisis pengendalian mutu beton pada proyek rumah susun pik pulo gadung dengan metode statistical quality control. *Journal of Sustainable Construction*, 3(2), 1-15.
- Sukirman, S. (1999). Perkerasan lentur jalan raya. (*No Title*).