



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh substitusi semen hidrolik terhadap karakteristik beton mutu tinggi serta mengevaluasi efektivitas penggunaan hyperplasticizer dan microfiber dalam meningkatkan sifat mekanis dan ketahanan beton terhadap suhu tinggi. Mix design beton dirancang menggunakan metode Erntroy dan Shacklock dengan variasi semen OPC dan substitusi semen hidrolik sebesar 25%, 30%, dan 35%, serta penambahan 1% hyperplasticizer dan 300 gram microfiber. Pengujian sifat mekanis dilakukan terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, serta kuat tekan pasca pembakaran pada suhu 250–300°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan hyperplasticizer sebagai water reducer mampu menurunkan faktor air-semen dari 0,36 menjadi 0,21–0,22, yang menunjukkan pengurangan kebutuhan air hingga 41,37% tanpa mengorbankan workability. Beton dengan substitusi semen hidrolik tanpa bahan tambah tidak mencapai target kuat tekan sebesar 55 MPa. Namun, pada variasi dengan kombinasi bahan tambah, beton mampu mencapai kekuatan maksimum 67,49 MPa pada substitusi 25% semen hidrolik. Selain itu, variasi optimum ini juga menunjukkan peningkatan kuat tekan pasca bakar sebesar 0,41 MPa. Peningkatan ini diduga disebabkan oleh microfiber yang meleleh pada suhu 250–265°C, mengisi pori-pori akibat pemuatan, sehingga menghasilkan struktur beton yang lebih rapat setelah pendinginan. Sebaliknya, substitusi semen hidrolik yang melebihi batas optimal, seperti pada variasi 35%, menyebabkan penurunan kekuatan akibat rasio bahan pengikat yang tidak seimbang dan kemungkinan hidrasi yang tidak sempurna.

Kata Kunci: Semen hidrolik, Hyperplasticizer, Microfiber, Beton mutu tinggi, Temperatur tinggi, Faktor air-semen

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of hydraulic cement substitution on the characteristics of high-strength concrete and to evaluate the effectiveness of using hyperplasticizer and microfiber in improving the mechanical properties and thermal resistance of concrete. The concrete mix design was developed using the Erntroy and Shacklock method, with variations in OPC cement and hydraulic cement substitutions of 25%, 30%, and 35%, along with the addition of 1% hyperplasticizer and 300 grams of microfiber. Mechanical tests were conducted on compressive strength, splitting tensile strength, flexural strength, and post-fire compressive strength at temperatures of 250–300°C. The results showed that the use of hyperplasticizer as a water reducer was able to lower the water-cement ratio from 0.36 to 0.21–0.22, indicating a reduction in water demand by up to 41.37% without sacrificing workability. Concrete with hydraulic cement substitution without additives did not reach the target compressive strength of 55 MPa. However, in variations using a combination of additives, the concrete achieved a maximum compressive strength of 67.49 MPa at 25% hydraulic cement substitution. Furthermore, this optimum variation also showed an increase in post-fire compressive strength of 0.41 MPa. This improvement is believed to be due to the melting of microfiber at 250–265°C, which fills the pores formed by thermal expansion, resulting in a denser concrete structure after cooling. Conversely, excessive hydraulic cement substitution, as in the 35% variation, caused a decrease in strength due to an imbalanced binder ratio and possibly incomplete hydration.

Keywords : *Hydraulic cement, Hyperplasticizer, Microfiber, High-strength concrete, Elevated temperature, Water-cement ratio*

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Beton merupakan material utama dalam konstruksi yang dikenal karena kuat tekan dan durabilitasnya yang tinggi. Namun, produksi beton konvensional seringkali melibatkan penggunaan Ordinary Portland Cement (OPC) yang memberikan dampak signifikan terhadap emisi CO₂. Oleh sebab itu penggunaan Ordinary Portland Cement (OPC) perlu dikurangi dan digantikan dengan jenis semen lain yang lebih ramah lingkungan, salah satunya Semen Hidrolik. Semen hidrolik memiliki emisi karbon dioksida (CO₂) sebesar 684 kg per ton semen, lebih rendah dibandingkan OPC yang mencapai 745 kg CO₂ per ton semen. (Antarnews, 2020). Selain keuntungan-keuntungan yang dimilikinya, beton juga memiliki kelemahan dalam menahan gaya tarik dan lentur karena sifatnya yang getas sehingga memerlukan penanganan khusus dalam perencanaannya (Insani, 2023). Salah satu penanganannya adalah dengan menambahkan bahan tambah berupa serat sintetis seperti *Micro Fiber*. Penelitian yang dilakukan oleh (Darmawan et al., 2024) menunjukkan bahwa penambahan serat fabrikasi *Microfiber* mempengaruhi kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Namun disamping itu, penambahan serat pada campuran beton juga dapat menyebabkan proses produksi yang lebih rumit karena melibatkan campuran bahan-bahan khusus (Sobute, 2021). Oleh sebab itu, perlu adanya bahan tambah yang dapat meningkatkan workability dan mereduksi penggunaan air, salah satunya *Hyperplasticizer*. Penggunaan *Hyperplasticizer* berfungsi untuk mereduksi penggunaan air dengan jumlah yang besar sehingga campuran beton dapat dikerjakan dengan mudah meskipun dengan faktor air semen yang rendah (Adam, 2023).

State of The Art dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh kombinasi semen hidrolik (25-35%), hyperplasticizer, dan microfiber terhadap karakteristik beton mutu tinggi dan menentukan proporsi optimal Semen Hidrolik, Hyperplasticizer, dan Microfiber dalam beton mutu tinggi, terutama dalam rentang 25-35% substitusi OPC serta mengevaluasi sifat mekanis beton tersebut setelah terpapar temperatur tinggi.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.2 Penelitian Terdahulu

Pada bagian penelitian terdahulu terdapat tabel beberapa penelitian terdahulu yang digunakan sebagai dasar dalam melakukan penelitian. Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penggunaan semen hidrolik, hyperplasticizer, dan microfiber dalam pembuatan beton mutu tinggi.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Judul Penelitian	Pengaruh Penambahan <i>Macro Fiber PP50</i>, <i>Micro Fiber</i>, dan <i>Hyperplasticizer</i> terhadap Karakteristik Beton Fc' 35 dengan Perekat Hidrolis PCC
Penulis	(Al Fajri, 2024)
Hasil Penelitian	Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh kombinasi <i>Macro Fiber</i> , <i>Micro Fiber</i> , dan <i>Hyperplasticizer</i> terhadap kuat tekan beton PCC dengan menggunakan metode pengujian terhadap Variasi campuran PCC dan OPC, serta pengujian kuat tekan beton pada umur 1, 3, 14, dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi <i>Macro Fiber PP50</i> (0,3%), <i>Microfiber</i> (0,15%), dan <i>Hyperplasticizer</i> (1,5%) mampu meningkatkan kuat tekan beton PCC hingga 35,49 MPa pada umur 28 hari, dibandingkan beton tanpa bahan tambahan yang hanya mencapai 30,12 MPa. Selain itu, penambahan microfiber berkontribusi terhadap peningkatan ketahanan terhadap retak susut, yang penting bagi beton mutu tinggi. Penelitian ini relevan dengan penelitian yang akan diteliti karena memberikan informasi bahwa penambahan bahan tambah seperti <i>Macro Fiber</i> , <i>Micro Fiber</i> , dan <i>Hyperplasticizer</i> berpengaruh terhadap kuat tekan beton PCC.

Judul Penelitian	Pengaruh Penambahan Serat Fabrikasi (<i>Micro Fibers</i>) terhadap Kuat Tekan dan Tarik Belah Beton
Penulis	(Darmawan et al., 2024)
Hasil Penelitian	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daMPak serat fabrikasi (<i>Microfiber</i>) terhadap kuat tekan dan tarik belah



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

beton dengan menggunakan metode pengujian terhadap benda uji dilaboratorium. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan serat *Micro Fiber* mempengaruhi kuat tekan beton, dimana hasil analisis anova menunjukkan $F_{hitung} 8,48099 > F_{tabel} 2,866081$. Penambahan serat *Micro Fiber* juga mempengaruhi kuat tarik belah, dimana hasil analisis anova menunjukkan $F_{hitung} 3,060887 > F_{tabel} 2,866081$ dengan penambahan serat fabrikasi sebesar 2,59% menghasilkan kuat tekan maksimum sebesar 25,67 MPa.

Judul Penelitian	Pengaruh Pemanfaatan <i>Hyperplasticizer</i> LSC310 terhadap Kuat Tekan Beton
Penulis	(Adam, 2023)
Hasil Penelitian	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daMPak penggunaan <i>Hyperplasticizer Glenium LSC310</i> terhadap kuat tekan dan <i>workability</i> beton dengan menggunakan metode pengujian terhadap benda uji dengan variasi LSC310 (0%, 1%, 2%, 3%) dan FAS 0,35-0,40. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar <i>Hyperplasticizer</i> berdaMPak positif terhadap <i>workability</i> beton, yang ditandai dengan kenaikan nilai slump hingga 200 mm pada kadar 3%. Peningkatan kuat tekan paling signifikan terjadi pada kadar 2%, yaitu mencapai 55,5 MPa pada umur 28 hari. Namun, pada kadar 3%, terjadi sedikit penurunan kuat tekan karena peningkatan <i>workability</i> yang berlebihan mengurangi kohesi partikel dalam campuran beton
Judul Penelitian	Studi Eksperimental <i>Self Compacting Concrete</i> dengan Penambahan <i>Hyperplasticizer</i>
Penulis	(Nugroho & Nuranita, 2023)
Hasil Penelitian	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan <i>Hyperplasticizer</i> dalam <i>Self-Compacting Concrete (SCC)</i>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

secara signifikan meningkatkan workability dan kuat tekan beton. Dengan variasi 1,5%, 2%, dan 2,5% *Hyperplasticizer* serta 8% *Silica Fume*, hasil terbaik diperoleh pada kadar 2,5%, yang menghasilkan *Slump-Flow* 69 cm dan kuat tekan tertinggi 55,733 MPa pada umur 28 hari. Peningkatan ini terjadi karena *Hyperplasticizer* membantu distribusi partikel semen lebih merata, sementara *Silica Fume* mengisi rongga beton, meningkatkan kepadatan serta mengurangi porositas. Penelitian ini relevan dengan penelitian ini, karena membuktikan bahwa *Hyperplasticizer* berperan penting dalam mengoptimalkan beton berkinerja tinggi, terutama dalam aspek kepadatan, dan kuat tekan.

Judul Penelitian	Pengaruh Penambahan <i>Polypropylene Microfiber</i> pada <i>Repair Mortar (Emaco T288)</i> terhadap Kekuatan Tekan dan Durabilitas
Penulis	(Wijaya, 2022)
Hasil Penelitian	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan <i>Polypropylene Microfiber</i> dalam mortar dapat mengurangi <i>Flowability</i> , meningkatkan porositas, dan sedikit menurunkan kuat tekan, meskipun mampu meningkatkan ketahanan terhadap retak susut. Pada kadar 0,15% <i>Microfiber</i> , <i>Flowability</i> berkurang hingga 110%, sementara kuat tekan turun dari 58,08 MPa (tanpa <i>Microfiber</i>) menjadi 54,94 MPa, akibat peningkatan <i>Volume Of Permeable Voids Dan Sorptivity</i> . Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan microfiber harus dalam kadar optimal agar tidak menurunkan kekuatan mortar. Penelitian ini relevan dengan topik penelitian yang akan diteliti karena memiliki tujuan yang sama yaitu menganalisis pengaruh <i>Microfiber</i> terhadap beton mutu tinggi, terutama dalam meningkatkan ketahanan retak tanpa mengurangi kekuatan mekanis beton saat



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	dikombinasikan dengan semen hidrolik dan <i>Hyperplasticizer</i> .
Judul Penelitian	Pengaruh Pembakaran Terhadap Kekuatan Beton Menggunakan Bahan Campur <i>FLY ASH</i>
Penulis	(Mawarni & Walujodjati, 2021)
Hasil Penelitian	Hasil penelitian menunjukkan beton pascabakar dengan substitusi 20% umur 36 hari mengalami kenaikan sebesar 15,1% dibandingkan dengan beton tanpa dibakar campuran substitusi 20% umur 28 hari. Beton normal pascabakar umur 36 hari mengalami penurunan sebesar 37,7% dibandingkan dengan beton normal tanpa dibakar umur 28 hari. Beton pascabakar dengan substitusi 40% umur 36 hari mengalami kenaikan sebesar 10,3% dibandingkan dengan beton tanpa dibakar substitusi 40% umur 28 hari. Penelitian ini relevan karena sama-sama meneliti pengaruh substitusi material terhadap kuat tekan beton dan uji beton pasca bakar pada suhu 300°C. Jurnal ini menggunakan <i>Fly Ash</i> (20-40%) dan <i>Superplasticizer</i> tipe F, sedangkan penelitian ini menggunakan semen hidrolik (25-35%), <i>Microfiber</i> , dan <i>Hyperplasticizer</i> (DEVCON P900) pada beton mutu tinggi (f_c 55 MPa).
Judul Penelitian	Analisis Kuat Tekan Beton K-400 dengan Campuran Material Pengganti Semen (<i>Slag Cement</i>)
Penulis	(Hoerudin et al., 2021)
Hasil Penelitian	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan cement slag sebagai bahan pengikat hidrolik dalam beton K-400 mampu meningkatkan kuat tekan dan workability. Dengan substitusi 30%, 40%, dan 50% cement slag terhadap OPC, diperoleh peningkatan kuat tekan optimal pada 30% cement slag, yang mencapai 131% dari kuat tekan rencana pada umur 28 hari, lebih tinggi dibandingkan beton full OPC yang hanya meningkat 126%. Selain itu, penggunaan cement slag meningkatkan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

workability, ditunjukkan dengan kenaikan nilai slump dari 11,5 cm (30%) hingga 13 cm (50%). Penelitian ini membuktikan bahwa semen hidrolik dapat menjadi alternatif ramah lingkungan yang tetap menjaga performa beton sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap OPC, sehingga mendukung penelitian ini dalam optimalisasi substitusi semen hidrolik untuk beton mutu tinggi.

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Meskipun sudah terdapat berbagai penelitian terkait, masih diperlukan kajian lebih lanjut untuk menentukan proporsi optimal Semen Hidrolik, *Hyperplasticizer*, dan Microfiber dalam beton mutu tinggi, terutama dalam rentang 25-35% substitusi OPC.

2.3 Kebaharuan Penelitian (Novelty)

Berdasarkan penelitian - penelitian terdahulu yang telah diuraikan diatas, kebaruan (*novelty*) dalam penelitian ini terletak pada kombinasi material yang digunakan serta pendekatan dalam peningkatan performa beton yang lebih ramah lingkungan. Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas penggunaan Semen Hidrolik sebagai alternatif pengganti *Ordinary Portland Cement (OPC)* untuk mengurangi emisi karbon, namun belum banyak yang mengkaji pengaruhnya dalam proporsi spesifik 25 – 35% terhadap karakteristik beton mutu tinggi dan pengaruhnya terhadap temperatur tinggi.

Selain itu, penelitian terdahulu juga telah membahas *Micro Fiber* sebagai bahan tambah yang mampu meningkatkan kuat tarik dan ketahanan beton terhadap retak susut, namun belum banyak yang menjelaskan pengaruh jika *Hyperplasticizer* untuk meningkatkan *workability* beton yang mengandung semen hidrolik dan *Micro Fiber* bersamaan.

Dengan demikian, kebaruan penelitian (*Novelty*) terletak pada kombinasi substitusi Semen Hidrolik variasi 25 – 35%, penggunaan *Hyperplasticizer* sebanyak 1% berat semen, dan *Micro Fiber* sebanyak 300gr/m³ untuk menghasilkan beton mutu tinggi yang memiliki durabilitas tinggi namun tetap memiliki sifat mekanis beton dan ketahanan terhadap temperatur tinggi yang baik sehingga dapat

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

memberikan rekomendasi mengenai formulasi beton yang lebih efektif dalam industri konstruksi.

2.4 Pengertian Umum Beton

Menurut (SNI 03-2847, 2013) beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (admixture). Beton digunakan dalam berbagai jenis konstruksi, termasuk bangunan bertingkat, jembatan, bendungan, jalan, hingga struktur bawah tanah seperti terowongan dan fondasi. Beton memiliki kuat tekan yang tinggi dibandingkan dengan material konstruksi lainnya, seperti kayu dan baja. Kuat tekan beton dapat ditingkatkan dengan perencanaan campuran yang tepat. Meskipun beton memiliki beberapa keunggulan, beton juga memiliki beberapa kekurangan yaitu, rendahnya dalam menahan tarikan, beton yang sudah dibuat sulit untuk dirubah dan proses pelaksanaannya membutuhkan ketelitian tinggi.

Menurut (Departemen Pekerjaan Umum, 2005) beton diklasifikasikan kedalam 3 kategori, yaitu Beton Mutu Rendah ($f_c' < 20$ MPa), Beton Mutu Sedang ($f_c' 20$ MPa -35 MPa) dan Beton Mutu Tinggi ($f_c' 35 - 65$ MPa)

2.5 Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi adalah beton dengan kekuatan tekan yang disyaratkan (f_c') 40 saMPai dengan 80 MPa, berdasarkan benda uji standar berbetuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm (Kementrian Pekerjaan Umum, 2004). Beton mutu tinggi merupakan jenis beton dengan kuat tekan yang lebih tinggi dari beton normal, umumnya memiliki kuat tekan di atas 41,4 MPa (SNI 03-6468-2000). Karakteristik utama beton mutu tinggi adalah kepadatan yang lebih baik, daya tahan terhadap lingkungan ekstrem, serta kuat tekan yang lebih tinggi dibanding beton konvensional.

Menurut (Darmawan et al., 2024) beton mutu tinggi memiliki sifat sifat sebagai berikut :

- Kandungan semen tinggi.
- Rasio air-semen rendah.
- Penggunaan agregat yang mutunya lebih kuat.
- Agregat berkadar air rendah.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- e. Penggunaan material pozzolan, fly ash, ground granulated blastfurnace slag, silica fume, dan sebagainya.

Faktor air semen (FAS) pada beton mutu tinggi umumnya dibuat lebih rendah dibandingkan beton normal. Hal ini karena kuat tekan beton sangat dipengaruhi oleh rasio air terhadap semen. Semakin kecil nilai FAS, maka jumlah air bebas dalam campuran semakin sedikit, sehingga pori-pori kapiler yang terbentuk selama proses hidrasi akan lebih sedikit dan menghasilkan beton dengan struktur mikro yang lebih rapat. Struktur yang rapat ini akan meningkatkan kuat tekan serta daya tahan beton terhadap lingkungan agresif. Namun, FAS yang terlalu rendah berisiko menurunkan workability beton. Oleh karena itu, dalam beton mutu tinggi sering digunakan bahan tambah yang berperan meningkatkan kemampuan alir beton tanpa menambah air pencampur, serta memperbaiki ikatan antar partikel dan mengurangi retak susut seperti *Hyperplasticizer* dan *Microfiber*.

2.6 Pengaruh Temperatur Tinggi terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi memiliki ketahanan yang lebih baik dibandingkan beton konvensional, tetapi ketika terpapar suhu tinggi, seperti saat kebakaran, kekuatannya dapat menurun secara signifikan. Menurut penelitian oleh (Srihayati et al., 2021), Beton mengalami penurunan berat antara 7-10% dan kehilangan kuat tekan secara bertahap seiring dengan meningkatnya temperatur. Pada suhu 400°C, kuat tekan beton masih bertahan di sekitar 68,57% dari nilai awal, namun saat suhu naik ke 600°C dan 800°C, kuat tekan beton masing-masing turun menjadi 54,69% dan 31,42%. Penurunan kekuatan beton ini terjadi karena perubahan komposisi kimia dalam semen saat terkena suhu tinggi. Pada suhu di atas 400°C, senyawa kalsium hidroksida yang ada dalam beton mulai terurai menjadi kalsium oksida. Proses ini menyebabkan berkurangnya daya ikat antar partikel dalam beton, sehingga strukturnya menjadi lebih rapuh dan kekuatannya menurun.

Pada suhu sekitar 250°C, air bebas dalam pori-pori beton mulai menguap, diikuti oleh pelepasan air terikat dalam pasta semen yang mengakibatkan penurunan kohesi antar partikel. Sedangkan pada suhu mendekati 300°C, menyebabkan terjadinya dehidrasi produk hidrasi semen seperti *calcium silicate hydrate* (C–S–H) dan *ettringite* semakin intensif sehingga dapat menyebabkan penurunan kekuatan tekan dan modulus elastisitas beton.

Beton yang mengalami pemanasan pada suhu 300°C menunjukkan penurunan kuat tekan sekitar 10–20% tergantung pada jenis agregat dan kelembapan awal beton.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hal ini diperkuat oleh penelitian (Mawarni & Walujodjati, 2021) yang menunjukkan bahwa pemanasan pada suhu tersebut menyebabkan retak mikro pada antarmuka pasta semen-agregat berkontribusi terhadap penurunan struktural beton. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa suhu pemanasan antara 250–300°C merupakan batas awal terjadinya degradasi signifikan pada sifat mekanik beton, terutama dalam hal kuat tekan.

Untuk meningkatkan ketahanan beton terhadap temperatur tinggi, bahan tambah seperti *Hyperplasticizer*, dan *Microfiber* sering digunakan. *Hyperplasticizer* memungkinkan penggunaan air yang lebih rendah dalam campuran beton, sehingga menghasilkan beton yang lebih padat dan memiliki ketahanan lebih baik terhadap suhu tinggi dan *Microfiber*, dapat membantu meningkatkan ketahanan beton terhadap retak akibat panas.

2.7 Beton Serat

Beton serat (Fiber Reinforced Concrete/FRC) adalah beton yang terdiri atas campuran semen hidrolik, agregat, dan serat penguat yang tersebar merata di dalamnya. Serat yang digunakan dapat berasal dari berbagai bahan, seperti baja, kaca, dan polimer organik (ACI Committe 544, 1996). Serat dalam campuran beton berfungsi sebagai pengikat mikro-retakan yang terjadi akibat beban atau penyusutan, sehingga meningkatkan kekuatan tarik, daktilitas, dan ketahanan terhadap benturan (ACI Committe 544-4R, 2018). Serat yang digunakan dalam beton dapat dikategorikan berdasarkan materialnya sebagai berikut :

1. Serat Logam (Metal Fiber)

Serat baja atau stainless steel digunakan untuk meningkatkan kekuatan tarik, ketangguhan, dan ketahanan aus beton.

2. Serat Polimer (Synthetic Fiber)

Serat berbahan polipropilena dan polietilena memiliki sifat ringan dan tahan korosi, cocok untuk konstruksi di lingkungan agresif seperti daerah pesisir. Contoh serat polimer diantaranya *Polipropilena (Polypropylene)*, *Polietilena (Polyethylene)*, *Poliester (Polyester)*, *Aramid*, *Microfiber*. Menurut (Hartini & Hadirun, 2023) penambahan serat Polyethylene Terephthalate sebanyak 0,5% terhadap berat pasir mampu meningkatkan kuat tarik belah beton.

3. Serat Mineral (Glass Fiber)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Serat kaca dapat meningkatkan modulus elastis beton dan memperbaiki ketahanan terhadap gesekan. Contoh Serat mineral diantaranya *Alkali-Resistant (AR) Glass Fiber*, *E-glass Fiber*

4. Serat Alami (Natural Fiber)

Serat alami adalah serat yang berasal dari sumber organik seperti tumbuhan, hewan, atau mineral, yang dapat digunakan sebagai bahan penguat dalam berbagai campuran, termasuk beton serat (Fiber Reinforced Concrete/FRC).

2.8 Material Penyusun Beton Serat

Material penyusun beton serat terdiri atas semen, agregat halus, agregat kasar, bahan perekat, air dan bahan tambah yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanis beton dan mengurangi emisi karbon yang dihasilkan. Berikut adalah penjelasan terkait beberapa material penyusun, antara lain :

2.8.1 Semen Portland

Semen Portland adalah jenis semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling terak semen Portland, yang terutama terdiri dari kalsium silikat hidrolik, bersama dengan tambahan bahan kristal dari satu atau lebih senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambah lain (SNI 2049, 2015)

Berdasarkan (SNI 2049-1, 2020) tipe Semen Portland dibagi atas penggunaannya, antara lain :

- Tipe I yaitu Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- Tipe II yaitu Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- Tipe III Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- Tipe IV yaitu Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- Tipe V yaitu Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.8.2 Ordinary Portland Cement (OPC)

Ordinary Portland Cement tergolong kedalam Portland Cement tipe I dan semen yang paling umum digunakan dalam konstruksi. Semen Portland tipe I atau *Ordinary Portland Cement (OPC)* adalah jenis semen yang paling umum digunakan dalam konstruksi beton karena sifatnya yang serba guna dan tidak memerlukan persyaratan khusus untuk penggunaannya (SNI 2049-1, 2020)

OPC memiliki banyak keuntungan diantaranya kuat tekan awalnya yang tinggi, sehingga beton yang menggunakan OPC dapat mencapai kekuatan yang cukup dalam waktu relatif singkat. OPC juga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi, seperti bangunan bertingkat, jembatan, dan jalan. Selain itu, ketersediaannya yang luas di pasaran dan kemudahan dalam penggunaannya menjadikan OPC sebagai pilihan utama bagi banyak proyek konstruksi.

Namun disamping itu OPC juga memiliki kelemahan yaitu ketahanan OPC terhadap lingkungan dengan kadar sulfat tinggi tergolong rendah, sehingga kurang cocok untuk konstruksi di daerah pantai atau tanah dengan kandungan sulfat tinggi. Produksi OPC juga menghasilkan emisi karbon dioksida (CO_2) yang cukup besar, sehingga memberikan dampak terhadap lingkungan. (Global Cement and Concrete Association, 2021) menyatakan bahwa industri semen menyumbang sekitar 8% dari total emisi global. Oleh sebab itu untuk mendukung program *Net Zero Emission (NZE)* 2050 perlu adanya alternatif untuk penggunaan OPC, yaitu dengan menggunakan Semen Hidrolik yang memiliki emisi lebih rendah.

2.8.3 Semen Hidrolik

Semen hidrolik adalah bahan pengikat hidrolik yang diperoleh dengan menggiling terak semen bersama dengan satu atau lebih bahan anorganik, dengan atau tanpa tambahan zat aditif (SNI 8912, 2020).

Berdasarkan (SNI 8912, 2020), semen hidrolik diklasifikasikan menurut penggunaannya, yaitu :

1. Tipe GU – Semen hidrolik untuk konstruksi umum. Digunakan ketika satu atau lebih jenis khusus tidak diperlukan.
2. Tipe HE – Kekuatan awal tinggi.
3. Tipe MS – Ketahanan sedang terhadap sulfat.
4. Tipe HS – Ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5. Tipe MH – Panas hidrasi sedang.
6. Tipe LH – Panas hidrasi rendah.

Semen hidrolik yang digunakan pada penelitian ini adalah semen hidrolik jenis slag, dimana semen hidrolik slag adalah jenis semen hidrolik yang mengandung slag tanur tinggi sebagai komponen utama. Slag ini diperoleh sebagai hasil sampingan dari industri peleburan besi dan memiliki sifat pozzolanik yang dapat meningkatkan ketahanan beton terhadap serangan sulfat dan lingkungan agresif (SNI 6385, 2016). Menurut (SNI 6385, 2016) semen hidrolik jenis slag memiliki beberapa kelebihan, diantaranya :

1. Memiliki ketahanan tinggi terhadap serangan sulfat
2. Memiliki panas hidrasi lebih rendah sehingga dapat mengurangi risiko retak akibat suhu tinggi saat proses pengerasan.
3. Daya tahan yang lebih baik terhadap lingkungan agresif dan bahan kimia.

Disamping kelebihanannya, semen hidrolik jenis slag juga memiliki kelemahan yaitu waktu pengerasan yang lebih lama, performa rendah pada suhu dingin, serta sangat bergantung terhadap kualitas bahan baku.

Semen hidrolik jenis slag yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Semen Tiga Roda dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2.2 Spesifikasi Semen Hidrolik Jenis Slag Merk Tiga Roda

Item	Satuan	Spesifikasi (SNI 8912:2020)	Rentang Kualitas ITP
Kandungan Udara dalam Mortar	%	Maks. 12	7,0 - 10,0
Kehalusan, Luas Permukaan Spesifik	m ² /kg	420 - 460	420 - 460
Ekspansi Autoclave	%	≤ 0,80	0,05 - 0,40
Kuat Tekan (Compressive Strength)	MPa		
- 1 hari	MPa	≥ 9	10 - 15
- 3 hari	MPa	≥ 20	21 - 28
- 7 hari	MPa	Tidak Ditentukan	31 - 36

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Item	Satuan	Spesifikasi (SNI 8912:2020)	Rentang Kualitas ITP
- 28 hari	MPa	Tidak Ditentukan	40 - 45
Waktu Pengikatan (Setting Time - Vicat)			
	menit		
- Awal	menit	≥ 45	120 - 140
- Akhir	menit	≤ 420	210 - 250
Pemuaian Mortar	%	$\leq 0,020$	0,005 - 0,020

Sumber : Website resmi Semen Tiga Roda

Berdasarkan spesifikasi semen Tiga Roda diatas, semen tersebut termasuk dalam kategori semen hidrolik tipe GU (*General Use*).

Hal ini dapat dilihat dari sifat-sifatnya yang memenuhi standar umum untuk konstruksi, seperti:

1. Kekuatan tekan yang meningkat secara bertahap (sesuai standar SNI).
2. Waktu setting awal ≥ 45 menit, yang sesuai dengan karakteristik semen tipe GU.
3. Kandungan udara dalam mortar $\leq 12\%$, yang juga sejalan dengan semen tipe GU.

2.8.4 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan salah satu komponen utama dalam campuran beton yang berfungsi sebagai bahan pengisi untuk meningkatkan kekuatan dan stabilitas beton. Menurut (SNI 1969, 2008) agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,75 mm (Saringan No.4). Gradasi agregat kasar yang baik akan berpengaruh terhadap kuat tekan dan workability beton, semakin kasar gradasi dan semakin besar modulus kehalusan agregat kasar, maka semakin tinggi workability dan semakin rendah kuat tekan beton (Ginting & Utomo, 2021). Oleh sebab itu dalam menentukan campuran beton, perlu memperhatikan gradasi agregat kasar yang tepat.

Standar gradasi untuk agregat kasar dengan ukuran maksimum 10 mm, 20 mm, dan 40 mm. Standar ini digunakan untuk memastikan kelayakan gradasi agregat kasar. Berikut adalah standar gradasi agregat kasar sesuai dengan (ASTM C33, 2023)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 2.3 Batas Lolos Gradasi Agregat Kasar (ASTM C33)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Lolos		
	37,5-4,75 mm (%)	19,0-4,75 mm (%)	14-5 mm (%)
50	100	-	-
38,1	95-100	-	-
25	-	100	-
19	35-70	90-100	100
12,5	-	-	90-100
9,5	10-30	20-55	-
4,75	0-5	0-10	40-70
2,36	-	-	0-15
Pan	-	0-5	0-5

Sumber : ASTM C33

2.8.5 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir yang berasal dari proses alami pelapukan dan hasil pemecahan batuyang memiliki ukuran butiran paling besar **4,75 mm** dan digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton (SNI 1970, 2008). Agregat halus memiliki beberapa keunggulan yang membuatnya diantaranya adalah kemampuannya meningkatkan workability beton, karena ukuran butiran yang lebih kecil memungkinkan distribusi partikel yang lebih merata dalam campuran. Namun penggunaan agregat halus dalam campuran beton juga perlu diperhatikan takarannya karena adanya kandungan lumpur atau material organik yang berlebihan dari agregat halus dapat menghambat ikatan antara semen dan agregat, sehingga dapat menurunkan kuat tekan beton.

Agar agregat halus dalam campuran beton dapat berperan sesuai keutamaannya, penggunaan agregat halus harus memenuhi persyaratan yang tertera dalam (ASTM C33, 2023) yaitu :

- Agregat halus harus memenuhi batas gradasi yang ditetapkan dalam tabel standar, kecuali dalam kondisi tertentu.
- Tidak lebih dari 45% agregat halus yang boleh tertahan dalam dua ayakan berturut-turut, dan modulus kehalusan (FM) harus berada dalam rentang 2.3 hingga 3.1.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- c. Jika agregat halus tidak memenuhi batas gradasi, tetap dapat digunakan asalkan dapat dibuktikan bahwa beton yang dihasilkan memiliki kinerja yang setara atau lebih baik.
- d. Agregat halus sintetis dengan banyak partikel halus yang lolos ayakan 75 μm (No. 200) perlu diperiksa lebih lanjut untuk memastikan bahwa partikel tersebut berasal dari pecahan batuan saat proses penghancuran dan tidak mengandung banyak mineral lempung atau zat berbahaya.
- e. Modulus kehalusan agregat halus yang dijadikan acuan tidak boleh berbeda lebih dari 0.20 dari nilai dasar yang biasa digunakan.
- f. Modulus kehalusan harus dihitung berdasarkan hasil uji pada 10 sampel pertama atau semua sampel jika jumlahnya kurang dari 10. Jika terdapat perbedaan signifikan dalam hasil uji, perlu dilakukan penyesuaian dalam campuran beton.

Selain memperhatikan syarat syarat penggunaan agregat halus diatas, penggunaan agregat halus dalam campuran beton juga harus memperhatikan batasan gradasinya sesuai yang tertera pada (SNI 03-2834, 2000)

Tabel 2.4 Batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834, 2000)

Lubang Ayakan (mm)	No.	Persen Berat Butir yang Lolos Ayakan			
		I	II	III	IV
9.6	3/8 IN	100	100	100	100
4.8	No. 4	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	No. 8	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	No. 16	30-70	35-90	75-100	80-100
0.6	No. 30	15-34	35-59	60-79	70-94
0.3	No. 50	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	No. 100	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber (SNI 03-2834, 2000)

Keterangan : - Daerah Gradasi I = Pasir kasar
 - Daerah Gradasi II = Pasir Sedang
 - Daerah Gradasi III = Pasir Agak halus
 - Daerah Gradasi IV = Pasir Halus

2.8.6 Air

Air merupakan salah satu bahan utama dalam campuran beton yang berfungsi untuk menghidrasi semen dan mempengaruhi sifat fisik serta mekanik beton yang

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dihasilkan. Kualitas air yang digunakan dalam campuran beton sangat menentukan kekuatan, daya tahan, dan kinerja beton dalam jangka panjang. Oleh karena itu, dalam menentukan komposisi air dalam campuran beton ditentukan oleh **faktor air-semen** (*Water-Cement Ratio, W/C Ratio*) yang berpengaruh terhadap kekuatan, daya tahan, dan workability beton.

Menurut (SNI 7974, 2013), air dalam campuran beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Air yang digunakan harus bersih dan bebas dari lumpur, minyak, serta zat lain yang dapat mengganggu proses hidrasi semen.
- b. Kandungan benda tersuspensi dalam air tidak boleh lebih dari 2 gram per liter agar tidak mengganggu reaksi hidrasi.
- c. Garam larut seperti asam organik dan senyawa alkali harus dibatasi karena dapat merusak struktur beton.
- d. Kandungan klorida dan sulfat dalam air harus dibatasi untuk mencegah korosi tulangan dan ekspansi beton yang menyebabkan keretakan.
Kandungan klorida (Cl) tidak boleh lebih dari 0,50 gram per liter untuk beton biasa dan tidak lebih dari 0,05 gram per liter untuk beton bertulang, karena klorida dapat mempercepat korosi pada tulangan baja dan kandungan sulfat (SO_3) tidak boleh melebihi 1 gram per liter, karena dapat menyebabkan ekspansi pada beton yang mengarah pada keretakan dan penurunan daya tahan struktur.
- e. Beton yang dibuat dengan air tertentu harus diuji, dan jika kuat tekannya turun lebih dari 10% dibandingkan dengan air standar, maka air tersebut tidak layak digunakan.
- f. Air limbah dan air laut tidak dianjurkan karena dapat merusak beton dan mempercepat korosi tulangan, kecuali telah melalui uji kelayakan.

2.8.7 Bahan Tambah (Admixture)

Dalam industri konstruksi, bahan tambah digunakan untuk meningkatkan kinerja beton sesuai dengan kebutuhan tertentu. Bahan tambah dapat berfungsi untuk mempercepat atau memperlambat waktu pengerasan, meningkatkan meningkatkan sifat mekanis beton, dan meningkatkan ketahanan terhadap temperatur tinggi.

Menurut (ASTM C494, 2001), admixture dibedakan beberapa tipe tergantung tujuan penggunaannya, antara lain :

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. **Type A → *Water-reducing admixtures***

Mengurangi kebutuhan air dalam campuran beton, sehingga meningkatkan kekuatan beton tanpa menambah semen.

2. **Type B → *Retarding admixtures***

Memperlambat waktu pengerasan beton, berguna dalam kondisi cuaca panas atau saat pengecoran skala besar untuk mencegah pengerasan prematur.

3. **Type C → *Accelerating admixtures***

Mempercepat proses pengerasan beton, cocok untuk cuaca dingin atau proyek yang membutuhkan pembongkaran cetakan lebih cepat.

4. **Type D → *Water-reducing and retarding admixtures***

Kombinasi dari pengurangan air dan perlambatan pengerasan, cocok untuk pengecoran dalam kondisi panas agar beton tetap bisa dikerjakan lebih lama.

5. **Type E → *Water-reducing and accelerating admixtures***

Kombinasi pengurangan air dan percepatan pengerasan, sering digunakan untuk proyek yang memerlukan kekuatan awal tinggi.

6. **Type F → *Water-reducing, high range admixtures (Superplasticizer)***

Superplasticizer yang dapat mengurangi air dalam jumlah besar (high-range), meningkatkan workability tanpa mengurangi kekuatan beton.

7. **Type G → *Water-reducing, high range, and retarding admixtures***

Kombinasi superplasticizer dengan retarder, berguna dalam pengecoran besar atau beton dengan waktu pengerjaan lama.

Terdapat 3 jenis admixture yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain :

1. ***Microfiber (Kratos Micro Plastic Shrinkage)***

Kratos Micro PS adalah *admixture* tipe A dengan serat sintetis mikro berbasis polimer multifilamen yang digunakan dalam beton untuk mencegah retak dini akibat penyusutan plastis. Produk ini mampu mengurangi retak penyusutan hingga 66,7% dan membatasi lebar retak hingga 43,8% pada dosis 300 gr/m³. Selain itu, produk ini juga mudah dicampur dan diaplikasikan, sehingga meningkatkan efisiensi pengerjaan. Berbahan dasar polimer, produk ini dapat mencegah bleeding beton serta mengurangi risiko beton mengelupas atau pecah saat kebakaran (spalling) dengan menurunkan tekanan di dalam beton. Dosis penggunaan Kratos Micro PS umumnya sebanyak 300 gram/m³

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2.1 Microfiber Kratos Micro PS

Sumber : Brosur Kratos Micro PS dari Kordsa Teknik Tekstil

Tabel 2.5 Properti Fisik Microfiber Kratos Micro PS

Properti	Satuan	Nilai	Spesifikasi Teknis
Panjang	mm	12	
Diameter Filamen	mikron	17-21	EN 14889-2
Kekuatan Tarik	MPa	800-1100	
Titik Leleh	°C	250-265	
Jumlah Serat	~#/kg	200 Juta	
Jenis Serat		Multifilament	
Standar		ISO 9001:2015	

(Sumber : Brosur Kratos Micro PS dari Kordsa Teknik Tekstil)

2. Hyperplasticizer (DEVCON P900)

DEVCON P900 adalah generasi baru admixture tipe F berbasis polycarboxylate yang berfungsi untuk mengurangi kadar air dalam campuran beton, sekaligus meningkatkan plastisitas dan mempertahankan nilai slump. Produk ini sangat direkomendasikan untuk beton alir atau self-coMPacting concrete. Selain itu, DEVCON P900 juga dapat memudahkan pada tahap pengerjaan, dan pemindahan beton melalui pipa dan selang menggunakan poMPa. Dosis penggunaan Hyperplasticizer pada penelitian ini sebanyak 1% berat semen.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2.2 *Hyperplasticizer* DEVCON P900 PT Devian Chemical Construction.

Berikut adalah data teknis dari *Hyperplasticizer* DEVCON P900 PT Devian Chemical Construction.

Tabel 2.6 Data Teknis *Hyperplasticizer* DEVCON P900

Parameter	Keterangan
Bentuk Fisik	Cairan
Warna	Bening hingga keputihan
Densitas	1,10 ±0,01 kg/L pada +20 °C
Kemasan	Drum 200 L, Tangki 1000 L
Masa SiMPan	12 bulan sejak tanggal produksi jika disiMPan dalam kemasan asli yang belum dibuka
Dosis Rekomendasi	Untuk beton plastis/lancar: 0,5 – 0,8% dari berat bahan semen. Untuk beton self-coMPacting: 0,8 – 2,0% dari berat bahan semen.
Panduan Pengecoran	Aturan standar praktik pengecoran yang baik dalam produksi dan peneMPatan beton harus diikuti. Uji laboratorium sebelum pengecoran di lokasi sangat disarankan saat menggunakan desain campuran baru atau memproduksi komponen beton baru. Beton segar harus dilakukan perawatan (curing) dengan baik dan sesegera mungkin.

(Sumber : Brosur *Hyperplasticizer* DEVCON P900 PT Devian Chemical Construction)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.9 Aspek Rasio

Menurut (Adam, 2023) penggunaan *Hyperplasticizer* dapat meningkatkan terhadap kuat tekan dan *workability* beton. Namun jika penggunaan bahan tambah tersebut tidak sesuai dengan proporsi yang dianjurkan maka akan berdaMPak sebaliknya. Oleh sebab itu, penggunaan bahan tambah seperti *Hyperplasticizer* dan *Microfiber* harus sesuai dengan proporsi yang optimal. Dalam penambahan bahan tambah tersebut, perlu memperhatikan beberapa aspek rasio seperti :

- Aspek rasio serat yaitu perbandingan antara panjang serat dan diameter atau lebar serat. Batas maksimal aspek rasio serat yang masih memungkinkan pengadukan dapat dilakukan dengan mudah adalah $l/d < 100$ dengan l dan d adalah panjang dan diameter serat. Penggunaan serat dengan aspek rasio tinggi akan menyebabkan serat cenderung mengguMPal dan sulit tersebar merata.
- Konsentrasi jumlah serat yang digunakan akan mempengaruhi kelecakan (*workability*) beton. Semakin besar jumlah serat makan adukan beton akan semakin sulit dikerjakan.

Dalam penelitian ini, bahan tambah serat yang digunakan yaitu *Microfiber (Kratos Micro Plastic Shrinkage)* yang memiliki panjang 12 mm (0,48 inci) dengan diameter filamen 17 – 21 mikron, dengan aspek rasio sebesar 571, 42.

2.10 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Desain campuran beton adalah proses penentuan proporsi material penyusun beton seperti semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambahan lainnya untuk mencapai kualitas beton yang diinginkan, termasuk kekuatan tekan, durabilitas, dan *workability*. Tujuan utama dari desain campuran adalah menghasilkan beton yang memenuhi spesifikasi teknis serta mempertimbangkan aspek ekonomis. Dalam penelitian ini, perencanaan campuran (*Mix Design*) menggunakan metode perencanaan *Mix Design* beton mutu tinggi oleh *B.W. Shaclock*.

Mix design dengan metode *Shacklock* adalah metode perencanaan campuran beton berdasarkan pendekatan yang dikembangkan oleh *B.W. Shacklock* dari *Cement and Concrete Association (CCA)*, Inggris, yang mengandalkan hubungan antara kuat tekan beton dengan faktor air-semen (FAS atau W/C ratio) serta nomor referensi dari grafik dan tabel hasil penelitian.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

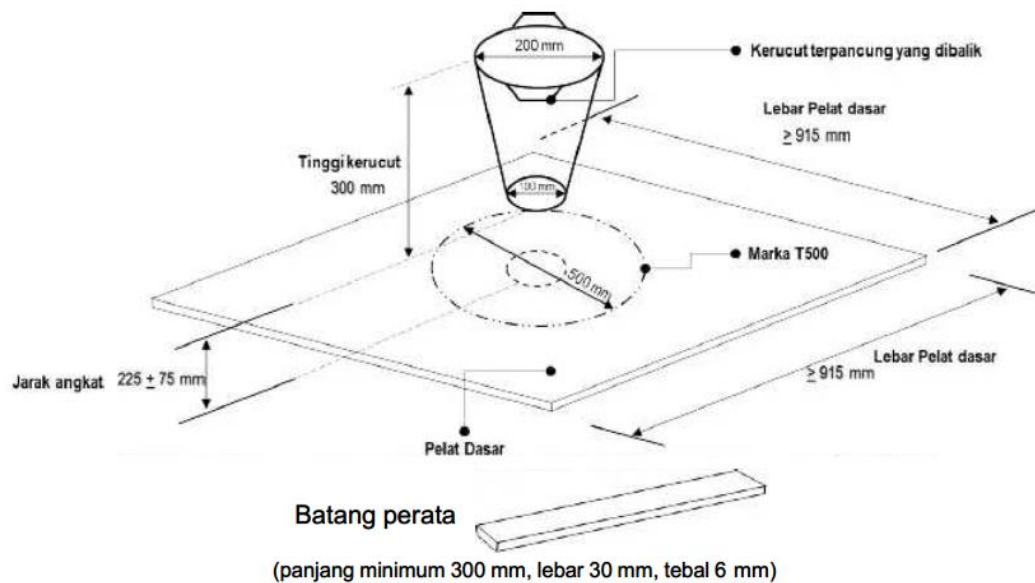
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.11 Slump Flow

Saat ini, perkembangan teknologi beton semakin pesat dengan adanya berbagai kriteria kinerja yang sebelumnya belum digunakan. Salah satu kriteria tersebut adalah kemampuan alir beton segar. Beton kini dapat dirancang agar lebih mudah mengalir tanpa mengalami pemisahan material (segregasi), sehingga kemampuan beton untuk mengalir ini perlu diuji dan menjadi salah satu persyaratan tambahan dalam menentukan apakah beton tersebut layak digunakan di lapangan (SNI 9024 : 2021). Salah satu metode untuk menguji kemampuan beton untuk mengalir adalah dengan melakukan pengujian *Slump Flow*.

Slump Flow digunakan untuk mengevaluasi kemampuan alir dan kecepatan aliran beton *self-compacting* tanpa hambatan. Pengujian ini memberikan gambaran mengenai kemampuan beton untuk mengisi cetakan secara mandiri. Pengujian dilakukan dengan menuangkan beton segar ke dalam kerucut seperti pada uji slump standar. Nilai *Slump Flow* dihitung dengan cara mengukur diameter penyebaran terbesar dan diameter tegak lurus nya, lalu dirata-ratakan (BS EN 12350-9:2010).



Gambar 2.3 Sketsa Peralatan Uji *Slump Flow*

(Sumber : SNI 9024 : 2021)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2.4 Cara Pengukuran Sebaran Beton

(Sumber : SNI 9024 : 2021)

2.12 Hipotesis

Hipotesis adalah pernyataan atau dugaan sementara yang dibuat berdasarkan teori atau observasi awal yang akan diuji kebenarannya melalui penelitian. Hipotesis berfungsi sebagai pedoman dalam penelitian untuk menentukan hubungan antara variabel yang diteliti. Hipotesis dapat berupa hipotesis nol (H_0), yang menyatakan tidak adanya hubungan atau pengaruh antar variabel, dan hipotesis alternatif (H_a), yang menyatakan adanya hubungan atau pengaruh antar variabel (Soegiyono, 2013)

Hipotesis dalam penelitian ini adalah pengaruh penambahan semen hidrolik, *Microfiber*, dan *Hyperplasticizer* terhadap karakteristik beton mutu tinggi, yang berperan dalam meningkatkan performa beton. Hipotesis penelitian ini ialah :

H_0 = Tidak terdapat pengaruh signifikan dari substitusi Semen Hidrolik, penambahan *Microfiber*, dan *Hyperplasticizer* terhadap sifat mekanis beton mutu tinggi dan ketahannya terhadap temperatur tinggi

H_a = Terdapat pengaruh signifikan dari substitusi Semen Hidrolik, penambahan *Microfiber*, dan *Hyperplasticizer* terhadap sifat mekanis beton mutu tinggi dan ketahannya terhadap temperatur tinggi

Dasar pengambilan keputusan dalam analisis statistik berdasarkan nilai signifikansi adalah sebagai berikut:

1. Jika nilai signifikansi $< 0,05$ (taraf signifikansi), maka H_0 ditolak dan H_a diterima;
2. Jika sebaliknya, maka H_0 diterima dan H_a ditolak dalam penelitian.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Jadwal Penelitian

Lokasi penelitian berada pada Laboratorium Lokasi Penelitian berada di Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dijadwalkan akan dilaksanakan mulai bulan Maret hingga Mei 2025.

3.2 Objek Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, sehingga seluruh data yang diperoleh merupakan data primer hasil dari pengujian yang dilakukan secara langsung. Benda uji yang digunakan memiliki bentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm serta balok dengan dimensi panjang x lebar x tinggi = 15 x 15 x 60 cm. Adapun variasi benda uji dalam penelitian ini, antara lain :

1. Variasi 1 : Beton OPC tanpa substitusi Semen Hidrolik serta tanpa penambahan *Hyperplasticizer* dan *Microfiber*
2. Variasi 2 : Beton OPC dengan substitusi 25-35% Semen Hidrolik tanpa penambahan *Hyperplasticizer* dan *Microfiber*
3. Variasi 3 : Beton OPC dengan substitusi Semen Hidrolik sebanyak 25% serta penambahan *Hyperplasticizer* sebanyak 1% berat semen dan *Microfiber* sebanyak 300gr/m³
4. Variasi 4 : Beton OPC dengan substitusi Semen Hidrolik sebanyak 30% serta penambahan *Hyperplasticizer* sebanyak 1% berat semen dan *Microfiber* sebanyak 300gr/m³

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5. Variasi 5 : Beton OPC dengan substitusi Semen Hidrolik sebanyak 35% serta penambahan *Hyperplasticizer* sebanyak 1% berat semen dan *Microfiber* sebanyak 300gr/m³

Tabel 3.1 Tabel Kebutuhan Bahan

Variasi Campuran	Presentase	Umur Pengujian	Jenis Pengujian					
			Silinder			Balok		Kubus
			Kuat tekan	Kuat Tarik	Tarik Belah	Pasca Bakar	Kuat Lentur	Waktu Ikut
OPC (Normal)	OPC 100%	7	3					
		14	3					
		21	3					1
		28	3		3	3	3	
OPC + HC	OPC 75%	28	3		3		3	
	HC 25%							1
OPC + HC	OPC 70%	28	3		3		3	
	HC 30%							1
OPC + HC	OPC 65%	28	3		3		3	
	HC 35%							1
(Variasi 1)	OPC 75%	7	3					
	HC 25%	14	3					
OPC + HC + MF + HP	HP 1% Berat Semen	21	3					1
	MF 300gr/m ³	28	3		3	3	3	
	OPC 70%	7	3					
(Variasi 2)	HC 30%	14	3					
	HP 1% Berat Semen	21	3					1
(Variasi 3)	MF 300gr/m ³	28	3		3	3	3	
	OPC 65%	7	3					
	HC 35%	14	3					
OPC + HC + MF + HP	HP 1% Berat Semen	21	3					1
	MF 300gr/m ³	28	3		3	3	3	
	OPC 65%	7	3					
Jumlah			90			21		
Jumlah Benda Uji Silinder			90					
Jumlah Benda Uji Balok			21					
Jumlah Benda Uji Kubus			7					

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Keterangan : OPC : *Ordinary Portland Cement*
HP : *Hyperplasticizer*
HC : *Hydraulic Cement/Semen Hidrolik*
MF : *Microfiber*

3.3 Peralatan yang digunakan

Dalam melakukan pengujian, tentunya memerlukan peralatan untuk mempermudah pengujian. Adapun beberapa peralatan yang digunakan selama pengujian sebagai berikut :

3.3.1 Perlengkapan K3

Sebelum memulai pengujian, aspek keselamatan harus diperhatikan dengan baik. Oleh karena itu, penggunaan perlengkapan K3 menjadi hal yang penting untuk memastikan keamanan selama proses pengujian. Adapun perlengkapan K3 yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Jas Laboratorium

Jas laboratorium berfungsi sebagai alat pelindung diri (APD) dalam pengujian laboratorium bahan, dengan tujuan utama untuk melindungi tubuh dari paparan bahan kimia, debu, atau percikan material yang berpotensi berbahaya.

2. Safety Shoes

Safety shoes berfungsi untuk melindungi kaki selama pengujian laboratorium bahan, terutama dari risiko seperti tertimpa benda berat, terkena cairan kimia berbahaya, atau terpeleset di permukaan licin.

3. Masker

Masker berfungsi untuk melindungi saluran pernapasan dari paparan debu, partikel halus, atau uap bahan kimia yang dapat berbahaya selama proses pengujian di laboratorium bahan. Penggunaan masker sangat penting terutama saat bekerja dengan semen, agregat halus, atau bahan kimia yang dapat menghasilkan debu atau gas beracun, guna mencegah iritasi atau gangguan pernapasan.

4. Sarung Tangan

Sarung tangan berfungsi untuk melindungi tangan dari kontak langsung dengan bahan kimia, debu, serta benda tajam atau panas selama pengujian di laboratorium bahan. Penggunaan sarung tangan juga membantu

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

mencegah iritasi kulit akibat paparan semen, agregat, atau bahan admixture lainnya.

3.3.2 Peralatan pada Pemeriksaan Material

Dalam pemeriksaan material, diperlukan berbagai peralatan untuk memastikan kualitas dan karakteristik bahan yang digunakan dalam penelitian ini. Peralatan yang digunakan meliputi :

1. Alat Bantu

Selain peralatan utama, terdapat beberapa alat bantu yang digunakan dalam pemeriksaan material untuk memastikan ketepatan dan efisiensi dalam proses pengujian. Alat bantu yang digunakan meliputi :

2. Timbangan

Timbangan adalah alat yang digunakan untuk mengukur berat material dengan tingkat ketelitian tertentu. Dalam pemeriksaan material, timbangan berperan penting untuk memastikan komposisi bahan sesuai dengan rancangan campuran (mix design) dan mengukur berat bahan sesuai dengan yang direncanakan. Misalnya untuk pengujian agregat halus, agregat kasar dan semen digunakan timbangan dengan kapasitas 150 kg dan ketelitian 1 gram.

3. Gelas Ukur

Gelas ukur adalah alat laboratorium yang digunakan untuk mengukur volume cairan dengan tingkat ketelitian tertentu. Seperti mengukur volume air yang digunakan dalam campuran beton agar sesuai dengan rasio air-semen yang ditentukan, mengukur Hyperplasticizer untuk memastikan dosis yang tepat dan larutan lainnya.

4. Corong Kaca

Corong kaca adalah alat laboratorium yang digunakan untuk membantu pemindahan cairan atau serbuk ke dalam wadah dengan mulut sempit tanpa tumpah. Misalnya ketika memasukan Semen Portland sedikit demi sedikit kedalam Tabung Le Chatelier saat melakukan pengujian berat jenis semen.

5. Piknometer

Piknometer adalah alat laboratorium yang digunakan untuk mengukur berat jenis (specific gravity) suatu material. Alat ini digunakan ketika melakukan pengujian berat jenis Semen Portland.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

6. Tabung *Le Chatelier*

Tabung Le Chatelier adalah alat laboratorium yang digunakan untuk mengukur kehalusan dan stabilitas volume Semen Portland dengan kapasitas 250 ml.

7. Oven

Oven adalah alat yang digunakan untuk mengeringkan dan menghilangkan kadar air pada material uji guna mendapatkan hasil pengujian yang lebih akurat. Oven digunakan untuk menghilangkan kadar air pada pengujian berat jenis agregat kasar, berat jenis agregat halus dan kadar lumpur.

8. Satu set saringan

Saringan adalah alat yang digunakan untuk menganalisis gradasi agregat dengan cara memisahkan butiran berdasarkan ukurannya. Saringan ini digunakan dalam pengujian gradasi agregat halus dan agregat kasar.

9. Talam

Talam adalah alat laboratorium yang digunakan sebagai wadah untuk menampung material ketika melakukan pengujian

10. Kerucut Abrams

Kerucut Abrams adalah alat yang digunakan dalam uji slump untuk menentukan workability atau konsistensi beton segar sebelum dimasukan kedalam campuran.

11. Stopwatch

Stopwatch adalah alat yang digunakan untuk mengukur waktu secara presisi dalam berbagai pengujian laboratorium, termasuk dalam pengujian beton dan semen. Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu ketika minyak tanah dimasukan kedalam pendingin selama 30 menit pada pengujian berat jenis Semen Portland.

3.3.3 Peralatan Pengujian Beton

Dalam penelitian ini, berbagai peralatan digunakan untuk menguji karakteristik beton segar dan beton yang telah mengeras. Peralatan yang digunakan meliputi :

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Kerucut Abrams

Kerucut Abrams adalah alat yang digunakan dalam uji slump beton untuk menentukan workability atau konsistensi beton segar sebelum melakukan pencampuran material.

2. Tongkat Pemadat

Tongkat pemadat adalah alat yang digunakan dalam berbagai pengujian beton segar untuk memastikan beton terdistribusi secara merata dan bebas dari rongga udara berlebih. Misalnya dalam pengujian slump, digunakan untuk memadatkan beton di dalam kerucut abrams dengan cara memadatkan beton sebanyak 25 kali per lapisan

3. Pelat Baja

Pelat baja merupakan alat yang digunakan sebagai alas atau penopang dalam berbagai pengujian beton untuk memastikan permukaan yang stabil dan rata selama proses pengujian. Misalnya dalam pengujian slump, pelat baja digunakan sebagai permukaan rata dan keras saat melakukan uji slump menggunakan kerucut abrams.

4. Mistar Pengukur

Mistar pengukur adalah alat yang digunakan untuk mengukur dimensi dan perubahan bentuk beton dalam berbagai pengujian laboratorium. Misalnya pada pengujian slump digunakan untuk menentukan penurunan tinggi beton setelah Kerucut Abrams diangkat, selanjutnya juga digunakan untuk memastikan ukuran silinder dan balok beton sebelum dilakukan uji mekanis.

5. Saringan

Saringan ini digunakan untuk pengujian waktu ikat beton dimana saringan bertujuan untuk memisahkan butiran kasar atau agregat yang tidak bereaksi dalam pasta semen, sehingga hanya material aktif yang diuji dalam proses waktu ikat.

6. Penetrometer

Penetrometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur waktu ikat awal dan akhir pasta semen atau beton segar, serta menilai kekerasan dan daya tahan material terhadap penetrasi beban tertentu.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

7. Stopwatch

Stopwatch adalah alat yang digunakan untuk mengukur waktu secara presisi dalam berbagai pengujian beton, terutama yang berkaitan dengan waktu pengerjaan dan pengerasan beton.

8. Cetakan Silinder dan Balok

Cetakan silinder dan balok adalah alat yang digunakan untuk membentuk benda uji beton yang akan diuji sifat mekanisnya, seperti kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur.

9. Timbangan

Timbangan adalah alat yang digunakan untuk mengukur berat material dengan akurasi tinggi dalam proses pengujian beton.

10. Mesin Kuat Tekan dan Kuat Tarik

Alat uji kekuatan beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Compressing Test Machine (CTM)*, yang berfungsi untuk mengukur kekuatan tekan dan tarik pada beton berbentuk silinder dan balok. Selain itu, mesin ini juga dapat digunakan untuk menguji kuat lentur beton berbentuk balok. CTM yang digunakan memiliki kapasitas beban maksimal 1500 kN, tingkat ketelitian 0,5 kN, serta kecepatan pembebanan dalam rentang 0,14 – 0,34 MPa/detik.

11. Alat pemanas belerang

Alat pemanas belerang digunakan dalam pengujian beton untuk melelehkan belerang yang berfungsi sebagai bahan perekat dalam proses pembuatan alas benda uji, seperti silinder atau balok, agar permukaannya rata sebelum dilakukan uji kuat tekan.

3.4 Material Bahan Penelitian

Material bahan penelitian dalam pengujian beton terdiri dari beberapa komponen utama yang digunakan untuk membuat campuran beton serta bahan tambahan yang digunakan untuk meningkatkan sifat beton. Adapun bahan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Air

Air merupakan salah satu komponen utama dalam pembuatan beton yang berperan dalam proses hidrasi semen serta mempengaruhi workability dan kekuatan akhir beton. Air yang digunakan dalam penelitian merupakan air bersih di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material utama dalam campuran beton yang berfungsi sebagai pengisi untuk meningkatkan kekuatan, stabilitas, dan durabilitas beton. Agregat Kasar yang digunakan memiliki diameter maksimal sebesar 20 mm yang didapatkan dari TB Bintang Maju.

3. Agregat Halus

Agregat halus adalah material berupa pasir atau bahan sejenis yang memiliki ukuran butiran lebih kecil dari 4,75 mm sesuai dengan standar SNI 03-2461-2002. Agregat halus yang digunakan berupa pasir alami berjenis pasir Bangka yang didapatkan dari TB Bintang Maju.

4. Semen

Semen adalah bahan perekat hidrolis yang berfungsi untuk mengikat agregat halus dan kasar dalam campuran beton. Dalam penelitian ini terdapat 2 jenis semen yang digunakan dalam penelitian, yaitu :

a. Ordinary Portland Cement (OPC)

Ordinary Portland Cement (OPC) adalah jenis semen tipe I yang paling umum digunakan dalam konstruksi beton dan material bangunan lainnya. OPC yang digunakan adalah OPC dari Tiga Roda

b. Semen Hidrolik

Semen hidrolik adalah jenis semen yang dapat mengeras dan mengikat material lain ketika bercampur dengan air, bahkan dalam kondisi basah atau terendam air. Semen Hidrolik yang digunakan merupakan semen hidrolik jenis Slag dari Tiga Roda

5. Bahan Tambah

Bahan tambah adalah material yang ditambahkan ke dalam campuran beton selama proses pencampuran untuk mengubah atau meningkatkan sifat beton, baik dalam keadaan segar. Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Hyperplasticizer* dan *Microfiber*.

a. Hyperplasticizer

Hyperplasticizer yang digunakan adalah DEVCON P900 dari PT Devian Chemical Construction

b. Microfiber

Microfiber yang digunakan adalah *Kratos Micro Plastic Shrinkage* dari PT Devian Chemical Construction



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

c. Retarder

Retarder yang digunakan adalah DEVTARD V381 yang merupakan *admixture* tipe D dari PT Devian Chemical Construction

3.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah tahap penting dalam penelitian ini untuk memperoleh informasi yang akurat dan dapat dianalisis guna menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini, metode pengumpulan data dilakukan dengan metode eksperimental melalui beberapa tahapan pengujian seperti pengujian agregat kasar, pengujian agregat halus, pengujian semen, dan pengujian beton. Penelitian eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan (Soegiyono, 2013).

Adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Agregat Kasar dan Agregat Halus
 - a. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan air pada Agregat
 - b. Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara pada Agregat
 - c. Pengujian Analisa Ayak pada Agregat
 - d. Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat
 - e. Pengujian Kadar Air pada Agregat
2. Pengujian Semen
 - a. Pengujian Berat Jenis pada Semen OPC
3. Pengujian Beton Segar
 - a. Pengujian Berat Isi
 - b. Pengujian *Slump Test*
 - c. Pengujian Waktu Ikut
4. Pengujian Beton Keras
 - a. Pengujian Kuat Tekan pada Beton
 - b. Pengujian Kuat Lentur pada Beton
 - c. Pengujian Kuat Tarik Belah pada Beton
 - d. Pembakaran Beton pada Temperatur (250 – 300 °C)
 - e. Pengujian Kuat Tekan Pasca Bakar

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.6 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian merupakan suatu rangkaian kerja yang digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan penelitian. Rancangan ini mencakup metode, teknik, serta prosedur yang digunakan untuk memperoleh data yang valid dalam sebuah penelitian. Dalam penelitian ini, rancangan penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, di mana dilakukan serangkaian pengujian laboratorium untuk mengevaluasi sifat mekanis beton mutu tinggi dengan variasi bahan tambahan dan substitusi semen hidrolik.

3.6.1 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah karakteristik atau atribut dari individu atau organisasi yang dapat diukur atau di observasi yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dijadikan pelajaran dan kemudian ditarik kesimpulannya (Soegiyono, 2019)

a. Variabel Bebas (X)

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposisi Semen Hidrolik, *Microfiber* dan *Hyperplasticizer* sebagai bahan tambahan dalam campuran beton.

b. Variabel Terikat (Y)

Variabel terikat dalam penelitian ini meliputi karakteristik mekanis beton $f_c' 55$, yang diuji berdasarkan kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lenturnya.

3.6.2 Perencanaan *Mix Design* metode *Shacklock*

Perencanaan *Mix Design* merupakan tahap awal yang penting untuk memastikan kelancaran proses penelitian. Tahapan ini mencakup perencanaan banyaknya jumlah material yang akan digunakan pada tahap pembuatan benda uji.

Tahapan perencanaan *Mix Design* meliputi :

Adapun tahapan penyusunan *Mix Design* dengan metode *Shacklock* meliputi :

1. Menentukan Kuat Tekan Karakteristik Beton (f_c')

Nilai ini diperoleh dari kebutuhan perencanaan struktur, biasanya untuk umur beton 28 hari. Contoh : $f_c' 55$ MPa

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Mengestimasi Kuat Tekan Rata Rata (f'_{cr})

Menggunakan rumus statistik :

$$f'_{cr} = \frac{f'_c}{m}$$

Dimana :

f'_{cr} = Kuat tekan rata rata (MPa)

f'_c = Kuat tekan yang direncanakan (MPa)

m = Tingkat pengawasan

3. Menentukan Nomor Referensi

Berdasarkan grafik hubungan kuat tekan rata – rata, jenis semen, jenis agregat dan umur beton, nomor referensi ditentukan untuk digunakan pada tabel tabel selanjutnya.

4. Menentukan Faktor Air-Semen (W/C)

Nilai W/C diperoleh dari tabel atau grafik berdasarkan nomor referensi. Nilai W/C yang lebih kecil biasanya digunakan untuk beton mutu tinggi untuk meningkatkan kekuatan dan durabilitas beton

5. Menentukan Perbandingan Agregat terhadap Semen (A/C)

Menggunakan tabel sesuai dengan jenis semen, jenis agregat, ukuran maksimum agregat, nilai W/C, dan kelecakan (slump) yang diinginkan.

6. Menghitung Berat Jenis Material dan Volume Absolut

Rumus perhitungan total volume padat beton :

$$\frac{W}{BJ \text{ Air}} + \frac{C}{BJ \text{ Semen}} + \frac{A}{BJ \text{ Agregat}} = 1 \text{ m}^3$$

W = berat air

C = berat semen

A = berat agregat

BJ = berat jenis bahan masing-masing

7. Menentukan proporsi *Admixture*

Apabila diperlukan kelecakan yang lebih tinggi (slump sedang sampai tinggi), maka ditambahkan admixture seperti *Hyperplasticizer* untuk mempertahankan W/C tetap rendah namun dengan workability yang baik.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.6.3 Pengujian Agregat Kasar

Pengujian yang akan dilakukan terhadap agregat kasar meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian bobot isi serta rongga udara, analisa ayak dengan saringan, serta pemeriksaan kadar air dan kadar lumpur.

a. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Berat jenis adalah perbandingan massa suatu bahan dengan massa air pada isi dan temperatur yang sama (SNI 1969, 2008). Dimana berat jenis yang diambil pada penelitian ini adalah berat jenis dalam keadaan jenuh kering permukaan. Berat jenis keadaan jenuh kering permukaan adalah perbandingan yang menunjukkan rasio antara berat agregat dalam satuan volume, termasuk air yang terserap dalam pori-porinya setelah direndam selama 15 hingga 19 jam, tetapi tidak menghitung ruang kosong di antara butiran agregat. Berat ini dibandingkan dengan berat air suling tanpa gelembung dalam volume dan suhu yang sama (SNI 1969, 2008).

Adapun tahapan pengujian berat jenis menurut (SNI 1969, 2008) adalah sebagai berikut :

- Peralatan yang digunakan :
 1. Keranjang Kawat
 2. Ember
 3. Talam
 4. Timbangan Kapasitas 10 kg dengan ketelitian 0,1%
 5. Oven
 6. Kain Lap
- Tahapan pengujian :
 1. Menyiapkan agregat kasar yang akan diuji dengan memasukkan ke dalam wadah berupa ember yang telah diisi air.
 2. Meletakan agregat kasar kedalam ember yang berisi air selama 24 ± 4 jam.
 3. Mengeluarkan agregat kasar yang telah direndam selama 24 ± 4 jam , kemudian dikeringkan menggunakan kain lap hingga mencapai kondisi *Saturated Surface Dry (SSD)* atau jenuh kering permukaan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Menimbang agregat kasar dalam kondisi *Saturated Surface Dry (SSD)* sekitar 1500 gram untuk mendapatkan Berat Benda Uji Kering Permukaan di Udara (B).
5. Meletakan agregat kasar yang telah ditimbang ke dalam keranjang yang sudah tergantung dengan timbangan digital. Setelah itu, keranjang ditimbang kembali dalam kondisi terendam di air bersuhu sekitar 25°C. Selama proses penimbangan, keranjang digoyangkan perlahan agar gelembung udara yang terperangkap dapat keluar. Nilai yang diperoleh dari hasil penimbangan ini disebut sebagai Berat Benda Uji dalam Air (C).
6. Mengeluarkan agregat kasar yang telah ditimbang kemudian dipindahkan ke dalam loyang dan dikeringkan dalam oven pada suhu $110 \pm 5^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
7. Setelah proses pengeringan selesai, agregat dikeluarkan dari oven, didinginkan hingga mencapai suhu ruang, kemudian dilakukan penimbangan terakhir untuk mendapatkan Berat Benda Uji Kering Oven (A).

– Perhitungan Data Hasil pengujian

$$\text{Berat Jenis} = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)} = \frac{B}{(B-C)} \dots\dots\dots (3.2)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{(B-A)}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan :

A = Berat Benda Uji Kering Oven

B = Berat Benda Uji Kering Permukaan di udara (SSD)

C = Berat Benda Uji dalam air

b. Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara Agregat Kasar

Bobot isi adalah berat agregat per satuan isi dan rongga udara adalah ruang di antara butiran-butiran agregat yang tidak terisi oleh partikel padat (SNI 03-4804, 1998)

Adapun langkah langkah pengujian bobot isi dan rongga udara agregat kasar menurut SNI 03-4804 1998 adalah sebagai berikut :



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Peralatan yang digunakan :
 1. Timbangan dengan ketelitian maksimum 0,1 %
 2. Timbangan kapasitas 10 Kg
 3. Talam Kapasitas Besar
 4. Wadah silinder dari baja
 5. Mistar Perata
 6. Tongkat Pematik, Diameter 15 mm dan Panjang 60 cm
 7. Sekop
 8. oven
- Tahapan pengujian :
 - a. **Berat Isi Agregat Lepas**
 1. Menimbang tabung silinder dalam kondisi kosong, kemudian beratnya dicatat sebagai (W1), serta volumenya diukur (V).
 2. Memasukan agregat kasar ke dalam tabung silinder menggunakan sekop secara bertahap sebanyak 3 lapisan dan pada setiap lapisan nya di beri pukulan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali agar pemadatan merata sampai lapisan paling bawah.
 3. Meratakan permukaan agregat dalam tabung silinder yang telah dengan menggunakan mistar perata.
 4. Menimbang tabung silinder yang telah terisi agregat, lalu beratnya dicatat sebagai (W2).
 5. Menghitung berat agregat dalam tabung silinder dihitung dengan rumus ($W3 = W2 - W1$).
 - b. **Berat Isi Agregat Padat**
 1. Menimbang tabung silinder dalam keadaan kosong, lalu beratnya dicatat sebagai (W1) dan mengukur volumenya (V).
 2. Memasukan agregat secara bertahap ke dalam tabung silinder dalam tiga lapisan. Setiap lapisan dipadatkan dengan memberikan 25 kali pukulan menggunakan tongkat pemadat agar pemadatan merata hingga ke lapisan terbawah.
 3. Meratakan permukaan agregat dalam tabung silinder yang telah terisi penuh dengan mistar perata.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Menimbang tabung silinder yang telah terisi agregat, lalu beratnya dicatat sebagai (W2).

5. Berat agregat dalam tabung silinder dihitung menggunakan rumus ($W3 = W2 - W1$).

– Perhitungan Data Hasil pengujian

$$\text{Berat Isi Agregat Lepas} = \frac{W3}{V} \dots \dots \dots (3.5)$$

$$\text{Berat Isi Agregat Padat} = \frac{W3}{V} \dots \dots \dots (3.6)$$

$$\text{Voids} = \frac{[(S \times W) - M] \times 100}{(S \times W)} \dots \dots \dots (3.7)$$

Keterangan :

W3 = Berat isi agregat dalam kondisi lepas (gram)

W6 = Berat isi agregat dalam kondisi padat (gram)

V = Volume tabung silinder (m³)

S = Bulk Specifie Gravity (Berat Jenis Agregat)

W = Density (Kerapatan Air) : 998 Kg/ m³

M = Berat isi agregat (Kg/ m³)

c. Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar

Analisis saringan agregat kasar bertujuan untuk untuk mengetahui gradasi butiran dari agregat halus dan agregat kasar termasuk agregat campuran (SNI ASTM C 136, 2012). Adapun tahapan pengujian dari Analisis Saringan Agregat Kasar menurut SNI ASTM C 136, 2012 adalah sebagai berikut :

– Alat dan bahan yang digunakan

1. Alat

a. Satu Set Saringan

b. Timbangan dengan dengan ketelitian maksimum 0,1 %

c. Talam

d. Oven

e. Alat pengguncang atau *Sieve Shaker*

f. Kuas dan Sikat

2. Bahan

Agregat kasar dengan berat ± 5000 gr

– Tahapan pengujian

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Memasukan agregat yang akan digunakan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hingga beratnya mencapai kondisi stabil.
2. Menimbang agregat kasar yang sudah dioven sesuai dengan berat yang telah dipersyaratkan $(\pm 5000 \text{ gr})$
3. Menyiapkan satu set saringan susun dengan urutan dari ukuran terbesar di bagian atas hingga ukuran terkecil di bagian bawah, dengan pan ditempatkan di bagian paling bawah.
4. Meletakkan saringan yang telah diisi dengan agregat di atas mesin pengguncang atau *Sieve Shaker*.
5. Menjalankan mesin *Sieve Shaker* selama kurang lebih 10 menit.
6. Memisahkan agregat yang tertahan pada setiap ukuran saringan menggunakan kuas dan sikat.
7. Menimbang agregat yang tertahan pada masing masing saringan dan mencatat hasilnya dicatat dalam data pengujian.

– Perhitungan Data Hasil pengujian

1. Hitung persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan berdasarkan perbandingannya dengan berat total benda uji.
2. Hitung persentase kumulatif dari agregat yang tertahan pada saringan.
3. Menghitung angka kehalusan (*Fineness Modulus*) hingga ketelitian 0.01, menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{\% \text{ berat tertahan kumulatif} - \% \text{ berat tertahan kumulatif (Uk. 12,5)}}{100} \dots\dots (3.8)$$

4. Persentase kumulatif dari agregat yang lolos saringan dihitung.
5. Grafik Gradasi Agregat digambarkan berdasarkan hasil perhitungan.

d. Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Kadar air agregat adalah rasio antara massa air yang terkandung dalam agregat terhadap massa agregat dalam kondisi kering oven, yang dinyatakan dalam bentuk persentase (SNI 1971, 2011). Pengujian ini bertujuan untuk untuk menentukan jumlah air yang terkandung dalam agregat, baik agregat halus maupun kasar karena kadar air dalam campuran beton sangat mempengaruhi workability (kemudahan pengerjaan), kekuatan, serta daya tahan beton. Adapun tahapan pengujian dari Analisis Saringan Agregat Kasar menurut SNI 1971-2011 adalah sebagai berikut :

- Alat dan Bahan yang digunakan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Alat

- Talam
- Timbangan dengan ketelitian maksimum 0,1 %
- Oven

2. Bahan

Karena ukuran diameter maksimum agregat kasar adalah 20 mm, maka benda uji agregat kasar yang digunakan pada pengujian ini sebanyak 4kg

– Tahapan pengujian

- Menimbang berat talam yang digunakan dalam pengujian dan dicatat sebagai (W1).
- Menempatkan benda uji kedalam talam, kemudian dilakukan penimbangan dan hasilnya dicatat sebagai (W2).
- Menghitung berat benda uji dihitung menggunakan rumus ($W3 = W2 - W1$).
- Memasukan benda uji ke dalam oven dengan suhu (110 ± 5) °C hingga mencapai berat tetap, lalu dilakukan penimbangan kembali dengan hasil (W4).
- Menghitung berat benda uji dalam kondisi kering setelah proses pemanasan menggunakan rumus ($W5 = W4 - W1$).

– Perhitungan Data Hasil Pengujian

$$\text{Kadar air} = \frac{W3 - W5}{W3} \dots \dots \dots (3.9)$$

Keterangan :

Berat benda uji asli = W3

Berat benda uji dalam keadaan kering oven = W5

e. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Lumpur merupakan bagian dari agregat alami, seperti split dan pasir, yang dapat melewati saringan berukuran 0,075 mm (SNI 03-4142, 1996). Pengujian kadar lumpur bertujuan untuk menentukan persentase kandungan lumpur dalam agregat, baik kasar maupun halus dan memastikan bahwa kadar lumpur dalam agregat tidak melebihi batas yang telah ditetapkan oleh standar, sehingga dapat menjaga kualitas dan kekuatan material dalam campuran beton atau konstruksi lainnya.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berikut adalah tahapan pengujian kadar lumpur yang mengacu pada SNI 03-4142-1996.

– Alat dan Bahan yang digunakan

1. Alat

Alat yang digunakan pada pengujian ini berupa :

- Saringan nomor 16 dan 200.
- Timbangan dengan ketelitian maksimum 0,1 %.
- Talam
- Oven

2. Bahan

Bahan yang digunakan pada pengujian ini berupa 2 sampai 3 sampel agregat dengan berat masing masing sampel sebanyak 1500 gram

– Tahapan pengujian

- Memasukan benda uji ke dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hingga mencapai berat tetap, kemudian menimbang benda uji tersebut masing masing sebesar 1000 gram (W_1).
- Menimbang wadah yang digunakan sebagai tempat benda uji (W_2).
- Menempatkan benda uji di dalam talam.
- Mencuci benda uji di dalam talam menggunakan air.
- Mencuci benda uji dengan cara diaduk hingga lumpur yang menempel terlepas, kemudian air hasil pencucian disaring menggunakan saringan nomor 16 dan 200.
- Mengulangi proses pencucian dilakukan berulang kali sampai air cucian menjadi jernih, serta dipastikan tidak ada agregat yang terbuang.
- Benda uji yang tertahan di saringan dikembalikan ke dalam talam.
- Setelah dicuci dan airnya ditiriskan, benda uji dikeringkan kembali dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hingga beratnya mencapai kondisi tetap, kemudian ditimbang (W_4).

– Perhitungan Data Hasil Pengujian

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_4}{W_1} \times 100\% \dots \dots \dots (3.10)$$

Keterangan :

W_1 = Berat benda uji dalam kondisi kering oven (gram).

W_2 = Berat wadah atau talam (gram).

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

W3 = Berat benda uji dalam kondisi kering oven setelah pencucian, termasuk wadah atau talam (gram).

W4 = Berat benda uji dalam kondisi kering oven setelah dicuci (gram).

Massa benda uji setelah pencucian (W4) diperoleh dengan menggunakan rumus : $W4 = W3 - W2$.

3.6.4 Pengujian Agregat Halus

a. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan air Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis curah kering, berat jenis semu, serta berat jenis curah dalam kondisi jenuh kering permukaan, termasuk daya serap air, setelah direndam dalam air selama (24 ± 4) jam (SNI 1970, 2008). Berikut adalah tahapan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus yang mengacu pada SNI 1970 : 2008

– Alat dan Bahan yang digunakan

1. Alat

Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah sebagai berikut :

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram dan kapasitas 5 kg.
- Piknometer dengan kapasitas 500 ml.
- Kerucut terpancung.
- Batang penumbuk.
- Saringan dengan ukuran 4 mm.
- Oven.
- Pengukur suhu dengan ketelitian 1°C .
- Talam.
- Bejana teMPat air.
- PoMPa haMPa udara (*vacuum pump*).
- Air suling.
- Desikator.

2. Bahan

Pada penelitian ini, digunakan sample agregat halus sebanyak 500 gram dengan total sampel sebanyak 3 buah

– Tahapan pengujian

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Peralatan yang diperlukan serta agregat halus dengan berat sesuai ketentuan disiapkan.
2. Agregat halus dimasukkan ke dalam ember, kemudian direndam selama 24 jam hingga mencapai kondisi jenuh.
3. Setelah perendaman, air dalam ember dibuang, dan agregat halus dikeringkan menggunakan penggorengan, heat gun, atau alat pemanas lainnya hingga mencapai kondisi jenuh permukaan kering (JPK).
4. Pemeriksaan kondisi jenuh permukaan kering dilakukan dengan menggunakan kerucut terpancung atau baja silinder yang diisi secara bertahap dalam tiga lapisan. Lapisan pertama dipadatkan dengan 8 pukulan, lapisan kedua dengan 8 pukulan, dan lapisan ketiga dengan 9 pukulan. Jika agregat halus masih mempertahankan bentuk cetaknya, berarti masih lembap dan perlu dikeringkan kembali. Namun, jika agregat sedikit runtuh pada salah satu sisi, maka agregat telah mencapai kondisi jenuh permukaan kering (JPK).
5. Agregat halus yang telah mencapai kondisi jenuh permukaan kering sebanyak 500 gram dimasukkan ke dalam piknometer. Air ditambahkan hingga 90% kapasitas tabung, kemudian piknometer diguncangkan dan diputar untuk menghilangkan gelembung udara. Berat total piknometer, air, dan agregat halus ditimbang.
6. Agregat halus yang telah berada di dalam piknometer dikeluarkan dan dikeringkan dengan memasukkannya ke dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
7. Setelah itu, piknometer yang berisi air ditimbang hingga mencapai batas bacaan yang telah ditetapkan, yaitu $23 \pm 2 ^\circ\text{C}$.

– Perhitungan Data Hasil Pengujian

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{(B+S-C)} \dots \dots \dots (3.11)$$

$$\text{Berat Jenis Curah (Kondisi Jenuh Kering Permukaan)} = \frac{S}{(B+S-C)} \dots \dots (3.12)$$

$$\text{Berat Jenis Semu (Apparent Surface Dry)} = \frac{A}{(B+A-C)} \dots \dots \dots (3.13)$$

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{(S-A)}{A} \times 100\% \dots \dots \dots (3.14)$$

Keterangan :

A = Berat Benda Uji Kering Oven

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- B = Berat Piknometer yang berisi air
S = Berat Benda Uji Kondisi Jenuh Kering Permukaan
C = Berat Piknometer dengan Benda Uji dan Air saMPai batas pembacaan

b. Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara Agregat Halus

Pengujian bobot isi dan rongga udara agregat halus bertujuan untuk menentukan densitas serta volume rongga udara dalam agregat. Hal ini penting agar campuran beton yang dihasilkan memiliki *workability* yang baik, kepadatan optimal, serta kekuatan yang sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan. Tahapan pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara Agregat Halus mengacu pada (SNI 03-4804, 1998), antara lain :

– Alat dan Bahan yang digunakan

1. Alat

Peralatan yang digunakan pada pengujian ini antara lain :

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
- b. Talam dengan kapasitas besar.
- c. Tongkat pemadat dengan diameter 15 mm dan panjang 60 cm.
- d. Mistar perata (*straight edge*).
- e. Wadah baja berbentuk silinder yang cukup kaku dengan alat pemegang dan kapasitas tertentu.

2. Bahan

Benda uji adalah agregat yang telah di oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ saMPai berat tetap. Pada penelitian ini, pengujian bobot isi dan rongga udara menggunakan 2 sample dimana masing masing sample memiliki berat 500 gr

– Tahapan pengujian

a. **Berat Isi Agregat Lepas**

1. Tabung silinder ditimbang dalam kondisi kosong, kemudian beratnya dicatat sebagai (W1), serta volumenya diukur (V).
2. Agregat dimasukkan ke dalam tabung silinder menggunakan sekop.
3. Permukaan agregat dalam tabung silinder yang telah terisi penuh diratakan dengan menggunakan mistar perata.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Tabung silinder yang telah terisi agregat ditimbang, lalu beratnya dicatat sebagai (W2).
5. Berat agregat dalam tabung silinder dihitung dengan rumus ($W3 = W2 - W1$).

b. Berat Isi Agregat Lepas

1. Tabung silinder ditimbang dalam keadaan kosong, lalu beratnya dicatat sebagai (W4) dan volumenya diukur (V).
2. Agregat dimasukkan secara bertahap ke dalam tabung silinder dalam tiga lapisan. Setiap lapisan dipadatkan dengan memberikan 25 kali pukulan menggunakan tongkat pemadat agar pemadatan merata hingga ke lapisan terbawah.
3. Permukaan agregat dalam tabung silinder yang telah terisi penuh diratakan dengan mistar perata.
4. Tabung silinder yang telah terisi agregat ditimbang, lalu beratnya dicatat sebagai (W5).
5. Berat agregat dalam tabung silinder dihitung menggunakan rumus ($W6 = W5 - W4$).

– Perhitungan Data Hasil Pengujian

$$\text{Berat Isi Agregat Lepas} = \frac{W3}{V} \dots \dots \dots (3.15)$$

$$\text{Berat Isi Agregat Padat} = \frac{W6}{V} \dots \dots \dots (3.16)$$

$$\text{Voids} = \frac{[(S \times W) - M] \times 100}{(S \times W)} \dots \dots \dots (3.17)$$

Keterangan :

W3 = Berat isi agregat dalam kondisi lepas (gram)

W6 = Berat isi agregat dalam kondisi padat (gram)

V = Volume tabung silinder (m³)

S = Bulk Specific Gravity (Berat Jenis Agregat)

W = Density (Kerapatan Air) : 998 Kg/ m³

M = Berat isi agregat (Kg/ m³)

c. Pengujian Analisa Ayak Agregat Halus

Menurut (SNI ASTM C 136, 2012) pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ukuran butiran agregat. Hasil pengujian membantu menentukan distribusi ukuran partikel agar sesuai dengan standar yang ditetapkan. Dari

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

hasil pengujian diperoleh angka kehalusan, angka kehalusan adalah nilai yang diperoleh dari jumlah total persentase kumulatif butiran agregat yang tertahan pada serangkaian saringan standar, dimulai dari saringan 150 μm (0,15 mm), kemudian dibagi dengan 100 (Achmad & Pratikto, 2018)

Adapun tahapan pengujian analisa ayak agregat halus menurut (SNI ASTM C 136, 2012) sebagai berikut :

– Alat dan Bahan yang digunakan

1. Alat

Peralatan yang digunakan pada pengujian ini antara lain :

- Timbangan untuk agregat halus dengan ketelitian 0.1 gram. Untuk agregat kasar ketelitian 0.5 gram.
- Satu set saringan.
- Oven untuk memanaskan agregat.
- Alat pemisah contoh.
- Mesin getar saringan (sieve shaker)
- Talam.
- Kuas, sikat halus, sikat kuning.

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini berupa sampel agregat halus sebanyak 500 gram

– Tahapan pengujian

Adapun tahapan pengujian analisa ayak agregat halus sesuai dengan (SNI ASTM C 136, 2012) sebagai berikut :

- Agregat yang akan digunakan dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hingga mencapai berat tetap.
- Setelah proses pengeringan, agregat ditimbang sesuai dengan berat yang dipersyaratkan.
- Satu set saringan disiapkan dan disusun mulai dari saringan berukuran paling besar di bagian atas hingga saringan berukuran paling kecil di bagian bawah, dengan pan diletakkan pada posisi paling bawah.
- Agregat yang telah dikeringkan dimasukkan ke dalam susunan saringan, kemudian diteMPatkan di atas mesin pengguncang (Sieve Shaker).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5. Mesin Sieve Shaker dijalankan selama kurang lebih 10 menit.
6. Setelah proses pengayakan selesai, agregat yang tertahan pada masing-masing saringan dipisahkan dengan menggunakan kuas dan sikat.
7. Agregat yang telah dipisahkan kemudian ditimbang dan hasilnya dicatat ke dalam data.

– Perhitungan Data Hasil Pengujian

Perhitungan data hasil pengujian analisa ayak agregat halus megacu pada (SNI ASTM C 136, 2012)

1. Persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan dihitung berdasarkan perbandingannya dengan berat total benda uji.
2. Persentase kumulatif dari agregat yang tertahan pada saringan dihitung.
3. Angka Kehalusan (*Fineness Modulus*) dihitung hingga ketelitian 0.01. Angka kehalusan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :
Angka kehalusan =

$$\frac{\% \text{ tertahan kumulatif dari suatu seri saringan yang disusun kelipatan dua mulai saringan } (0,15\text{mm}) \text{ pada setiap ayakan}}{100}$$

4. Persentase kumulatif dari agregat yang lolos saringan dihitung.
5. Grafik Gradasi Agregat digambarkan berdasarkan hasil perhitungan.

d. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian kadar lumpur agregat halus mengacu pada (SNI 03-4142, 1996) dimana pengujian kadar lumpur ini bertujuan untuk untuk menentukan persentase kandungan lumpur dalam agregat, baik kasar maupun halus dan memastikan bahwa kadar lumpur dalam agregat tidak melebihi batas yang telah ditetapkan oleh standar, sehingga dapat menjaga kualitas dan kekuatan material dalam campuran beton atau konstruksi lainnya.

– Alat dan Bahan yang digunakan

1. Alat

Adapun alat yang digunakan pada pengujian ini, antara lain :

- a. Saringan nomor 16 dan 200.
- b. Timbangan dengan ketelitian maksimum 0,1 %.
- c. Talam
- d. Oven

2. Bahan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Bahan yang digunakan untuk pengujian kadar lumpur agregat halus pada penelitian ini berupa 3 sampel agregat halus dengan berat masing masing sampel seberat 500 gram.

– Tahapan pengujian

Adapun tahapan pengujian agregat kadar lumpur agregat halus sesuai (SNI 03-4142, 1996) adalah sebagai berikut :

1. Benda uji dimasukkan ke dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hingga mencapai berat tetap, kemudian ditimbang dengan massa sebesar 1000 gram (W_1).
2. Wadah yang digunakan sebagai tempat benda uji ditimbang terlebih dahulu (W_2).
3. Benda uji ditempatkan di dalam talam.
4. Pencucian benda uji dilakukan di dalam talam menggunakan air.
5. Benda uji dicuci dengan cara diaduk hingga lumpur yang menempel terlepas, kemudian air hasil pencucian disaring menggunakan saringan nomor 16 dan 200.
6. Proses pencucian dilakukan berulang kali saMPai air cucian menjadi jernih, serta dipastikan tidak ada agregat yang terbang.
7. Benda uji yang tertahan di saringan dikembalikan ke dalam talam.
8. Setelah dicuci dan airnya ditiriskan, benda uji dikeringkan kembali dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hingga beratnya mencapai kondisi tetap, kemudian ditimbang (W_4).

– Perhitungan Data Hasil Pengujian

Perhitungan data hasil pengujian kadar lumpur agregat halus mengacu pada (SNI 03-4142, 1996)

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_4}{W_1} \times 100\% \dots \dots \dots (3.19)$$

Keterangan :

W_1 = Berat benda uji dalam kondisi kering oven (gram).

W_2 = Berat wadah atau talam (gram).

W_3 = Berat benda uji dalam kondisi kering oven setelah pencucian, termasuk wadah atau talam (gram).

W_4 = Berat benda uji dalam kondisi kering oven setelah dicuci (gram).

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Massa benda uji setelah pencucian (W4) diperoleh dengan menggunakan rumus : $W4 = W3 - W2$.

e. Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Kadar air agregat adalah rasio antara massa air yang terkandung dalam agregat terhadap massa agregat dalam kondisi kering oven, yang dinyatakan dalam bentuk persentase (SNI 1971, 2011). Pengujian ini bertujuan untuk untuk menentukan jumlah air yang terkandung dalam agregat, baik agregat halus maupun kasar karena kadar air dalam campuran beton sangat mempengaruhi workability (kemudahan pengerjaan), kekuatan, serta daya tahan beton.

Adapun tahapan pengujian dari Analisis Saringan Agregat Kasar menurut SNI 1971-2011 adalah sebagai berikut :

– Alat dan Bahan yang digunakan

1. Alat

d. Talam

e. Timbangan dengan ketelitian maksimum 0,1 %

f. Oven

2. Bahan

Karena ukuran diameter maksimum agregat kasar adalah 20 mm, maka benda uji agregat kasar yang digunakan pada pengujian ini sebanyak 4kg

– Tahapan pengujian

1. Berat talam yang digunakan dalam pengujian ditimbang dan dicatat sebagai (W1).

2. Benda uji diteMPatkan di dalam talam, kemudian dilakukan penimbangan dan hasilnya dicatat sebagai (W2).

3. Berat benda uji dihitung menggunakan rumus ($W10 = W2 - W1$).

4. Benda uji kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu (110 ± 5) °C hingga mencapai berat tetap, lalu dilakukan penimbangan kembali dengan hasil (W8).

5. Berat benda uji dalam kondisi kering setelah proses pemanasan dihitung menggunakan rumus ($W9 = W8 - W1$).

– Perhitungan Data Hasil Pengujian

$$\text{Kadar air} = \frac{W2 - W9}{W2} \dots\dots\dots(3.20)$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Keterangan :

Berat Benda Uji asli = W₂

Berat benda uji dalam keadaan kering oven = W₉

3.6.5 Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini terdapat dua perlakuan berbeda pada pembuatan benda uji, yakni beton normal tanpa bahan tambahan dan beton dengan penambahan Hyperplasticizer serta Microfiber, yang diketahui dapat memengaruhi sifat fisik dan mekanis beton.

a. Prosedur Pembuatan Benda Uji Beton Normal Tanpa Bahan Tambah

Adapun prosedur pembuatan benda uji beton normal tanpa bahan tambah sebagai berikut :

1. Menyiapkan material dan peralatan yang akan digunakan dalam proses pembuatan benda uji.
2. Menimbang seluruh material sesuai dengan komposisi pada rancangan *mix design*.
3. Memasukkan agregat kasar dan agregat halus ke dalam mixer, lalu menyalakan mixer selama ± 2 menit hingga campuran homogen.
4. Menambahkan semen OPC dan semen HC ke dalam mixer ketika agregat kasar dan agregat halus sudah tercampur merata.
5. Memasukan air secara perlahan ke dalam adukan sambil terus mengaduk hingga adukan homogen.
6. Setelah seluruh material homogen, dilakukan pengujian slump.
7. Menuangkan beton ke dalam cetakan dalam tiga tahap. Pada setiap sepertiga tinggi cetakan, beton dipadatkan sebanyak 25 kali menggunakan tongkat pemadat, lalu memukul sisi cetakan dengan palu karet untuk mengeluarkan udara yang terperangkap. Proses ini diulangi hingga cetakan terisi penuh.
8. Meratakan permukaan beton menggunakan roskam atau sendok semen hingga rata.
9. Meletakkan cetakan yang berisi beton pada tempat yang aman dari hujan dan getaran, lalu membiarkannya selama 24 jam.
10. Membuka cetakan beton setelah didiamkan selama 24 jam dan memindahkan benda uji ke dalam air untuk dilakukan perawatan (*curing*) hingga umur 28 hari.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

b. Prosedur Pembuatan Benda Uji Beton dengan Bahan Tambah *Hyperplasticizer* dan *Microfiber*

Adapun prosedur pembuatan benda uji beton dengan bahan tambah *hyperplasticizer* dan *microfiber* sebagai berikut :

1. Menyiapkan seluruh material dan peralatan yang diperlukan untuk proses pembuatan benda uji.
2. Menimbang material sesuai dengan rencana campuran (*mix design*) yang telah ditentukan.
3. Memasukkan agregat kasar dan agregat halus ke dalam mixer beton, lalu menyalakan mixer selama ± 2 menit hingga tercampur secara merata.
4. Menambahkan semen OPC dan semen HC setelah campuran agregat homogen.
5. Memasukkan bahan tambah *hyperplasticizer* ke dalam campuran, lalu mengaduk kembali hingga campuran mencapai kondisi jenuh.
6. Menuangkan air secara perlahan ke dalam adukan sambil terus mengaduk hingga campuran homogen, kemudian mencatat sisa air jika tidak digunakan seluruhnya dengan cara ditimbang.
7. Menambahkan bahan tambah *microfiber* ke dalam adukan beton, lalu menyalakan mixer selama $\pm 4-8$ menit.
8. Melakukan uji *slump flow* setelah bahan tercampur merata guna mengetahui apakah tingkat kelecakan beton sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan.
9. Menuangkan beton ke dalam cetakan secara bertahap, setiap $1/3$ bagian dipadatkan sebanyak 25 kali menggunakan tongkat pemadat dan memukul cetakan dengan palu karet agar udara keluar dan adukan mengisi rongga dengan sempurna. Mengulangi langkah ini hingga cetakan terisi penuh.
10. Meratakan permukaan beton di dalam cetakan menggunakan sendok spesi atau roskam setelah cetakan penuh.
11. Meletakkan cetakan di teMPat yang terlindung dari hujan dan membiarkannya selama 24 jam.
12. Membuka cetakan setelah 24 jam, lalu melakukan perawatan beton dengan merendamnya dalam air atau memindahkannya ke teMPat *curing* selama 28 hari.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.6.6 Pengujian Semen

a. Pengujian Berat Jenis Semen OPC dan HC

Pengujian berat jenis semen bertujuan untuk mendapatkan nilai berat isi semen portland, yang digunakan untuk pengendalian mutu semen (SNI 15-2531, 1991). Adapun tahapan pengujian berat jenis semen menurut (SNI 15-2531, 1991) adalah sebagai berikut :

– Alat dan Bahan yang digunakan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam pengujian ini antara lain :

- a. Tabung Le Chatelier
- b. Corong terbuat dari kaca
- c. Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram
- d. Gelas ukur

2. Bahan

1. Semen portland dari hasil pengambilan sampel sebanyak 2 buah, dimana masing masing sampel seberat 65 gram
2. Kerosine bebas air atau naptha sesuai dengan spesifikasi API

– Tahapan Pengujian

Tahapan pengujian berat jenis semen menurut (SNI 15-2531, 1991) sebagai berikut :

1. Botol Le Chatelier dibersihkan, dan jika dalam keadaan basah, harus dikeringkan terlebih dahulu, kemudian diisi dengan kerosin hingga skala 0 ml – 1,0 ml pada bagian lehernya.
2. Botol yang telah diisi kerosin diteMPatkan di dalam kulkas atau ruangan bersuhu tetap 20°C selama 30 menit (V1).
3. Semen dengan berat sekitar ± 64 gram (W) ditimbang.
4. Semen yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam botol Le Chatelier.
5. Jika terdapat semen yang menempel di bagian leher botol, maka dapat didorong menggunakan kawat besi hingga seluruh semen terendam dalam cairan kerosin.
6. Setelah semen sepenuhnya terendam, botol Le Chatelier kembali diletakkan di dalam kulkas atau teMPat bersuhu tetap 20°C selama 30 menit (V2).

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Perhitungan data hasil pengujian

Perhitungan data hasil pengujian berat jenis semen menggunakan persamaan berikut :

$$BJ = \frac{W}{(V_2 - V_1)} \times d \dots \dots \dots (3.21)$$

Keterangan :

BJ = Berat Jenis Semen

W = Berat Semen (gram)

V1 = Pembacaan Volume Awal (ml)

V2 = Pembacaan Volume Akhir (ml)

V1-V2 = Perbedaan isi cairan pada saat pembacaan pertama dan kedua pada skala botol.

d = Berat isi air pada suhu 4°C = 1 gr/ml

3.6.7 Pengujian Beton Segar

a. Pengujian Berat Isi

Berat isi adalah berat beton dibagi dengan isi (volume) alat, kegunaan berat isi adalah untuk konversi dari satuan berat ke satuan volume atau sebaliknya. Berat isi ini juga digunakan untuk mengoreksi rancangan campuran dan kadar udara dalam beton (Achmad & Pratikto, 2018).

Adapun tahapan pengujian berat isi beton yang mengacu pada (SNI 1973, 2008), sebagai berikut :

- Alat dan Bahan

1. Alat

Peralatan yang digunakan pada pengujian ini meliputi :

- Tabung Silinder
- Sekop Baja
- Mistar Pengukur
- Mistar Perata
- Tongkat Pemasak, Diameter 16 mm dan Panjang 600 mm
- Timbangan dengan ketelitian 0,1 %

2. Bahan

Bahan yang digunakan pada pengujian ini berupa beton segar dan minyak atau pelumas

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

– Tahapan Pengujian

Adapun tahapan pengujian berat isi beton sesuai dengan (SNI 1973, 2008) adalah sebagai berikut :

1. Tabung silinder yang digunakan dalam pengujian ditimbang terlebih dahulu (W10).
2. Volume dari tabung silinder dihitung setelah proses penimbangan.
3. Adukan beton kemudian dimasukkan ke dalam tabung silinder secara bertahap dalam tiga lapisan.
4. Setiap lapisan dipadatkan menggunakan tongkat pemadat dengan 25 kali pukulan.
5. Permukaan beton dalam tabung silinder diratakan dengan mistar perata.
6. Benda uji yang ada dalam tabung silinder kemudian ditimbang kembali (W12).

– Perhitungan Data Hasil Pengujian

Perhitungan data hasil pengujian dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Berat Isi Beton (W)} = \frac{W_{12} - W_{10}}{V} \dots \dots \dots (3.22)$$

Keterangan :

- W = Berat isi beton (gram/liter atau kilogram/liter)
- W10 = Berat tabung silinder (gram)
- W12 = Berat tabung silinder yang sudah terisi adukan beton+diratakan dan dipadatkan (gram)
- V = Volume tabung silinder (m³)
- W1 = Total volume adukan beton yang dimasukan (m³)

b. Pengujian Slump Test

Beton yang encer diketahui menghasilkan nilai *slump* yang tinggi, sedangkan beton yang kaku menghasilkan nilai slump yang rendah. Besar kecilnya nilai slump tidak selalu menunjukkan tingkat kemudahan dalam pengerjaan. Nilai slump yang tinggi belum tentu mudah dikerjakan, begitu pula nilai slump yang rendah belum tentu sulit untuk dikerjakan. Oleh karena itu, nilai slump yang ideal ditentukan berdasarkan spesifikasi yang sesuai

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(Achmad & Pratikto, 2018) Besaran nilai slump yang disesuaikan dengan jenis pekerjaan dapat dilihat pada (SNI 7656, 2012)

Berikut adalah tabel dalam format yang dapat disalin :

Tabel 3.2 Nilai Slump yang dianjurkan

Tipe Konstruksi	Slump (mm)	Slump (mm)
	Maksimum	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, dinding bawah tanah	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

Sumber : SNI - 7656 : 2012

– Alat dan Bahan

1. Alat

Peralatan yang digunakan pada pengujian *slump* beton segar yaitu :

- Pelat Baja untuk alas
- Kerucut Abram, Diameter atas 10 cm, bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm
- Mistar Pengukur
- Tongkat Pemasak, Diameter 20 mm dan Panjang 50 cm

2. Bahan

Bahan yang digunakan pada pengujian slump beton segar berupa adukan beton sebanyak 3 lapisan dimana setiap lapisnya dipadatkan sebanyak 25 kali pukulan

– Tahapan Pengujian

Adapun tahapan pengujian slump beton segar yang mengacu pada (ASTM C143, 2008) sbagai berikut :

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Sebelum pengujian dilakukan, bagian dalam kerucut abram terlebih dahulu dilumasi dengan minyak agar tidak menyerap air saat diisi adukan beton.
2. Kerucut abram diteMPatkan di atas pelat baja dan ditahan dengan menginjak bagian bawahnya agar tetap stabil saat adukan beton dimasukkan.
3. Adukan beton dimasukkan ke dalam kerucut abram secara bertahap dalam tiga lapisan, dengan setiap lapisan dipadatkan menggunakan tongkat pemadat sebanyak 25 kali pukulan.
4. Setelah penuh, permukaan atas adukan beton diratakan menggunakan tongkat pemadat.
5. Sisa adukan beton yang menempel pada peralatan pengujian slump dibersihkan.
6. Kerucut abram kemudian diangkat secara vertikal ke atas.
7. Selanjutnya, kerucut abram diletakkan secara terbalik di sebelah benda uji.
8. Tongkat pemadat diletakkan di bagian atas kerucut abram dengan posisi mendatar, lalu ketinggian slump diukur menggunakan mistar pengukur.

– Perhitungan Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian slump dapat langsung dilihat setelah pengujian selesai. Setelah kerucut abram diangkat, nilai slump diukur dengan mistar pengukur dari tinggi awal kerucut hingga puncak beton yang telah mengalami penurunan. Nilai ini menunjukkan tingkat kelecakan beton segar dan dapat langsung dicatat serta dianalisis sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

c. Pengujian *Slump Flow*

Pengujian *Slump Flow* bertujuan untuk mengukur diameter sebaran horizontal beton segar sebagai indikator *workability* dari *self-coMPacting concrete (SCC)* Cara uji ini digunakan untuk memantau konsistensi dari beton segar dan potensi mengalir bebasnya (BS EN 12350-9:2010).

– Alat dan Bahan

1. Alat

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Peralatan yang digunakan dalam pengujian *slump flow* meliputi :

- Slump cone (Abrams cone) dengan standar tinggi 300 mm, diameter atas 100 mm dan diameter bawah 200 mm
- Pelat alas datar, keras, dan tidak menyerap air (biasanya dari logam atau kaca akrilik).
- Penggaris atau meteran untuk mengukur sebaran beton.

2. Bahan

Bahan dalam pengujian *slump flow* berupa campuran beton segar yang akan dicetak

– Tahapan Pengujian

Tahapan pengujian *slump flow* sesuai dengan (SNI 9024 : 2021) adalah sebagai berikut :

- Pelat dasar dibersihkan, diratakan, dan dibasahi secukupnya tanpa ada genangan air.
- Kerucut *slump* (*slump cone*) diletakkan secara vertikal dan stabil di tengah pelat dasar.
- Beton segar dituangkan ke dalam kerucut tanpa dilakukan pemadatan atau penusukan.
- Permukaan atas beton diratakan sejajar dengan bagian atas kerucut.
- Setelah pengisian selesai, kerucut diangkat secara vertikal dengan hati-hati dalam waktu 1–3 detik, agar aliran beton tidak terganggu.
- Beton dibiarkan mengalir bebas secara horizontal ke segala arah.
- Setelah beton berhenti mengalir, dua diameter sebaran diukur, yaitu diameter maksimum dan diameter tegak lurusnya.
- Rata-rata dari kedua diameter tersebut dihitung sebagai nilai *slump flow*.

– Perhitungan Data Hasil Pengujian

Nilai *slump flow* diperoleh dengan menghitung rata-rata dari dua diameter sebaran horizontal beton segar, yaitu diameter maksimum (d_1) dan diameter tegak lurus (d_2), dengan rumus sebagai berikut :

$$SF = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Keterangan :

SF = *Slump Flow*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

d_1 = diameter horizontal maksimum

d_2 = diameter tegak lurus dari d_1

d. Pengujian Waktu Ikat

Pengikatan pada beton ada dua macam, yaitu pengikatan awal dan pengikatan akhir. Pengikatan awal adalah waktu yang diperlukan agar beton berubah dari keadaan plastis menjadi tidak plastis, sehingga tidak dapat lagi dicor, dipadatkan, atau diaduk ulang. Sementara itu, pengikatan akhir menandakan waktu ketika beton mulai mengeras setelah diaduk. Meskipun bentuknya sudah terlihat keras, beton pada tahap ini belum mampu menahan beban, baik dari berat sendiri maupun beban tambahan. (Achmad & Pratikto, 2018).

Pengujian waktu ikat bertujuan untuk menentukan durasi yang dibutuhkan beton atau pasta semen agar berubah dari kondisi plastis menjadi tidak plastis (pengikatan awal) dan selanjutnya mengeras (pengikatan akhir) agar memastikan beton dapat dikerjakan dengan baik sebelum mengeras serta menentukan waktu yang tepat untuk proses perawatan dan pembebanan struktur.

Berikut adalah tahapan pengujian waktu ikat beton segar yang mengacu pada (ASTM C403, 2016)

– Alat dan Bahan

3. Alat

Peralatan yang digunakan dalam pengujian beton segar antara lain :

a. Cetakan berbentuk kubus atau silinder

b. Stop watch

c. Penetrometer

d. Saringan 4,75 mm

e. Sekop baja atau Sendok Spesi

f. Mistar Perata

4. Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengujian waktu ikat beton segar adalah beton segar sebelum dijadikan campuran beton.

– Tahapan Pengujian

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berikut adalah tahapan pengujian waktu ikat beton segar yang mengacu pada (ASTM C403, 2016)

1. Waktu dimulainya proses pengadukan beton harus dicatat terlebih dahulu.
2. Sebelum pengujian penetrasi dilakukan, kelebihan air yang terdapat pada permukaan mortar perlu dibuang dengan menggunakan pipet atau alat serupa.
3. Setelah proses pencampuran beton selesai, material segar disaring menggunakan saringan berukuran 4,75 mm. Bahan yang tertahan di atas saringan harus dibuang, sementara material yang lolos saringan dimasukkan ke dalam cetakan kubus beton.
4. Beton yang telah dicetak dibiarkan selama 30 menit di tempat yang terlindungi dari getaran, gangguan, dan paparan langsung sinar matahari.
5. Pengujian penetrasi dilakukan dengan memasukkan jarum penetrometer sedalam 1 inci (20 mm) dalam waktu 10 detik. Beban yang ditunjukkan pada alat penetrometer harus dicatat.
6. Jika pada pengujian awal, penetrasi sedalam 1 inci dalam waktu 10 detik memerlukan beban sebesar 500 psi, maka pengukuran perlu diulang dengan selang waktu 30 menit hingga nilai yang sama tercapai.
7. Jika beban yang tercatat pada alat belum mencapai 500 psi, pengujian dilanjutkan dengan interval 30 menit sampai batas tersebut tercapai.

3.6.8 Perawatan (*Curing*)

Curing atau perawatan beton dilakukan setelah beton memasuki tahap setting dengan tujuan menjaga suhu dan kelembaban agar tidak mengalami hidrasi berlebihan serta dapat mencapai kualitas yang diharapkan. Ketika beton telah memasuki fase pengerasan (*hardening*) atau dapat dikeluarkan dari cetakan, proses curing dilakukan dengan metode perendaman dalam bak perendam selama 7, 14, 21 dan 28 hari.

3.6.9 Pengujian Beton Keras

Beton keras adalah campuran beton yang telah mengeras (SNI 03-3976, 1995) pada kondisi ini beton telah mengalami proses hidrasi semen secara signifikan, sehingga berubah dari kondisi plastis menjadi material yang kuat dan kaku. Beton

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dalam keadaan keras memiliki daya dukung yang tinggi, mampu menahan beban tekan, dan tidak dapat dibentuk ulang.

Pada penelitian ini terdapat beberapa pengujian beton keras, diantaranya :

a. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk menentukan kemampuan beton dalam menahan beban tekan hingga mengalami keruntuhan. Beban tekan yang dibebankan terhadap benda uji adalah beban aksial yaitu beban yang tegak lurus terhadap penampang atau sejajar dengan sumbu aksial yang ditinjau (SNI 1974, 2011)

Prosedur pengujian kuat tekan beton mengacu pada standar SNI 1974 2011, adapun tahapan pengujiannya sebagai berikut :

– Alat dan Bahan

1. Alat

- a. Mesin Kuat Tekan (*Wykeham Farrance*)
- b. Timbangan kapasitas 25 kg dengan ketelitian minimum 0.10 kg
- c. Mistar ukur
- d. Alat pemanas belerang
- e. Cetakan untuk capping silinder beton

2. Bahan

Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm

– Tahapan Pengujian

Adapun tahapan pengujian uji kuat tekan beton menurut SNI 1974 2011 adalah sebagai berikut :

1. Benda uji beton berbentuk silinder atau kubus yang telah melalui proses perawatan hingga waktu pengujian diambil dari lokasi perawatan.
2. Permukaan benda uji dibersihkan hingga kering, kemudian diberikan nomor identifikasi pada setiap sampel agar tidak terjadi kesalahan dalam pengujian.
3. Pengukuran panjang, lebar, dan tinggi benda uji dilakukan. Luas permukaan yang akan menerima beban tekan dicatat dalam satuan cm^2 .

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Karena benda uji berbentuk silinder, apabila permukaannya tidak rata, maka proses *capping* harus dilakukan menggunakan belerang agar permukaan menjadi rata.

Proses *Capping*

1. Belerang dipanaskan dalam wadah pemanas hingga mencapai kondisi encer. Pemanasan dilakukan di tempat terbuka untuk mencegah uap belerang terhirup. Jika digunakan kompor, nyala api dijaga agar tidak terlalu besar.
2. Cetakan disiapkan dan dilapisi dengan pelumas setipis mungkin agar belerang tidak menempel.
3. Benda uji beton yang akan melalui proses *capping* disiapkan.
4. Belerang cair dituangkan ke dalam cetakan, lalu benda uji segera ditekan di atasnya. Setelah beberapa saat, benda uji diangkat dari cetakan.
5. Saat benda uji diangkat, sedikit gerakan memutar dilakukan untuk memudahkan pelepasan dari cetakan.

Proses Pengujian Kuat Tekan

1. Benda uji ditimbang untuk menentukan beratnya dalam satuan gram.
2. Benda uji dibawa ke mesin tekan untuk dilakukan pengujian.
3. Mesin tekan dipersiapkan dengan menyambungkan kabel antara bagian penekan dengan panel kontrol, lalu kabel listrik dihubungkan ke sumber arus.
4. Mesin tekan diatur sedemikian rupa sehingga jarak antara plat atas dan plat bawah tidak terlalu jauh, dengan cara meletakkan plat tambahan sebagai ganjal. Setelah benda uji diposisikan di mesin tekan, jarak antara sampel dengan plat atas dipastikan tidak lebih dari 1 cm.
5. Jarum penunjuk pada mesin tekan diatur hingga menunjukkan angka nol untuk memastikan akurasi pengukuran.
6. Mesin tekan dioperasikan dengan menekan tombol *start*, lalu tombol *rapid approach* ditekan agar sampel terjepit di antara plat mesin tekan. Saat itu, jarum penunjuk akan mulai bergerak sedikit.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

7. Tombol *rapid approach* dilepaskan, sehingga mesin akan bergerak secara otomatis. Kecepatan pembebanan diatur dengan memutar *load rate* hingga berada dalam rentang 0,14 – 0,34 MPa per detik.

8. Ketika beban telah mencapai nilai maksimum, jarum penunjuk akan berhenti dan kembali ke angka nol. Pada saat tersebut, besar beban maksimum (P_{maks} , kN) dicatat.

– Perhitungan Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian dapat dihitung menggunakan persamaan

$$\text{Kuat Tekan Beton} = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots(3.23)$$

Keterangan :

P = Gaya tekan aksial (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

b. Pengujian Kuat Lentur Beton

Kuat lentur Beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya, sampai benda uji patah, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya per satuan luas (SNI 4431, 2011). Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kemampuan beton dalam menahan tegangan tarik akibat pembebanan lentur. Adapun tahapan pengujian kuat lentur beton mengacu pada SNI 4431 2011.

– Alat dan Bahan

Alat yang digunakan berupa mesin kuat lentur beton dan bahan yang digunakan berupa benda uji beton berbentuk balok dengan dimensi $p \times l \times t = 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$

– Tahapan Pengujian

Adapun tahapan pengujian kuat lentur beton yang mengacu pada (SNI 4431, 2011) sebagai berikut :

1. Dimensi penampang serta panjang benda uji diukur dan dicatat.
2. Berat benda uji ditimbang dan hasilnya dicatat.
3. Garis-garis melintang dibuat sebagai tanda serta petunjuk titik perletakan dan titik pembebanan, dengan tambahan garis sejauh 5% dari jarak bentang di luar titik perletakan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Benda uji diletakkan pada tumpuan sesuai tanda yang telah dibuat sebelumnya.
5. Dua buah perletakan dipasang dengan jarak bentang tiga kali dari titik pembebanan, serta alat pembebanan diletakkan agar mesin tekan beton dapat berfungsi sebagai alat uji lentur.
6. Benda uji yang telah diberi tanda diletakkan pada perletakan yang disediakan, sehingga tumpuan yang dibuat sejajar dengan titik pada alat uji.
7. Mesin tekan disiapkan dengan meletakkan benda uji hingga siap untuk diuji.
8. Mesin tekan dinyalakan dan beban diatur agar benturan tidak terjadi.
9. Pembebanan dilakukan secara bertahap hingga batas maksimum, yang menyebabkan benda uji mengalami patah.

– Perhitungan Data Hasil Pengujian

Perhitungan data hasil pengujian dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Kuat Lentur Beton} = \frac{PL}{bd^2} \dots \dots \dots (3.24)$$

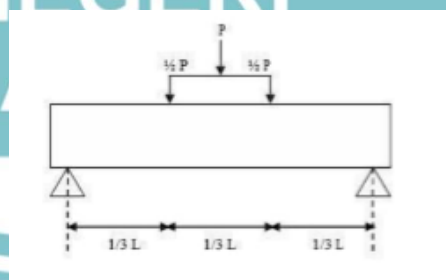
Keterangan :

P = Beban maksimum (mm)

L = Jarak bentang (mm)

b = Lebar benda uji arah horizontal (mm)

d = Lebar benda uji arah vertikal (mm)



Gambar 3.2 Skema Pengujian Kuat Lentur

(sumber : (Sambowo et al., 2022))

c. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan geser beton dan menentukan panjang penyaluran dari tulangan (SNI 2491, 2014). Tahapan pengujian kuat tarik belah beton mengacu pada SNI 2491 2014.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

– **Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan pada pengujian ini berupa mesin uji kuat tarik belah beton dan bahan yang digunakan berupa benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm

– **Tahapan Pengujian**

Adapun tahapan pengujian kuat tarik belah beton sebagai berikut :

1. Tinggi dan diameter benda uji diukur terlebih dahulu.
2. Berat benda uji ditimbang dan dicatat.
3. Benda uji diletakkan pada alat bantu Auxiliary Platen Assembly dengan bantalan kayu lapis atau triplek sepanjang permukaannya.
4. Posisi benda uji disesuaikan pada mesin tekan.
5. Pembebanan diterapkan secara bertahap hingga mencapai beban maksimum.
6. Beban maksimum yang menyebabkan kegagalan pada benda uji dicatat.

– **Perhitungan Data hasil Pengujian**

Perhitungan data hasil pengujian kuat tarik belah beton ini dapat menggunakan persamaan :

$$\text{Luas penampang benda uji} = \pi \times d \times l$$

Keterangan :

A = luas bidang tekan (mm² atau cm²)

d = diameter benda uji silinder (mm atau cm)

l = panjang (tinggi) benda uji silinder (mm atau cm)

$$\text{Kuat Tarik Belah} = \frac{2P}{\pi l d} \dots \dots \dots (3.25)$$

Keterangan :

P = Beban maksimum (Kg)

I = Panjang benda uji (cm)

d = Diameter benda uji (cm)

d. Pembakaran Beton pada Temperatur (250 - 300°C)

Proses pembakaran beton pada temperatur tinggi bertujuan untuk mengetahui perubahan kuat tekan beton pasca bakar, khususnya akibat pengaruh suhu tinggi terhadap struktur mikro beton. Dengan memanaskan benda uji hingga mencapai suhu 250–300°C dan mempertahankannya

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

selama periode tertentu, diharapkan dapat dianalisis seberapa besar degradasi kekuatan beton yang terjadi. Hal ini penting untuk mensimulasikan kondisi kebakaran yang mungkin dialami oleh struktur bangunan serta mengevaluasi kinerja dan durabilitas beton setelah terpapar suhu tinggi.

– Alat dan Bahan

1. Alat

Peralatan yang digunakan dalam proses pembakaran beton berupa oven digital yang dilengkapi dengan sensor suhu dan timer, yang berfungsi untuk mengatur besarnya suhu pemanasan serta lamanya waktu beton dipanaskan sesuai dengan kebutuhan pengujian.

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam proses pemanasan beton berupa beton keras umur 28 hari berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm

– Tahapan Pengujian

Adapun tahapan pemanasan beton pada suhu 250–300°C sebagai berikut :

1. Benda uji beton disiapkan dalam bentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
2. Tiga benda uji dimasukkan secara bersamaan ke dalam oven digital.
3. Oven dipanaskan hingga suhu mencapai 250–300°C.
4. Suhu 250–300°C dipertahankan selama tiga jam penuh.
5. Setelah proses pembakaran selesai, benda uji dibiarkan di dalam oven selama ± 30 menit.
6. Benda uji kemudian dikeluarkan dari oven dan didiamkan pada suhu ruangan selama satu jam.
7. Setelah benda uji mencapai suhu ruang, pengujian kuat tekan dilakukan untuk melihat pengaruh suhu pemanasan terhadap kekuatan beton.

3.7 Metode Analisis Data

Hasil penelitian yang diperoleh dianalisis dengan menghitung rata-rata nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur dari setiap variasi pengujian. Nilai rata-rata



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

tersebut kemudian dibandingkan dengan standar deviasi untuk menentukan nilai optimal. Selain itu, analisis regresi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SPSS guna mengetahui pengaruh variasi semen hidrolik sebagai substitusi perekat hidrolis, penambahan *Microfiber* dan *Hyperplasticizer* terhadap sifat mekanis beton dan temperatur tinggi. Analisis ini juga digunakan untuk memperoleh nilai signifikansi guna menentukan apakah hipotesis nol (H_0) diterima atau ditolak.



3.11 Diagram Alir

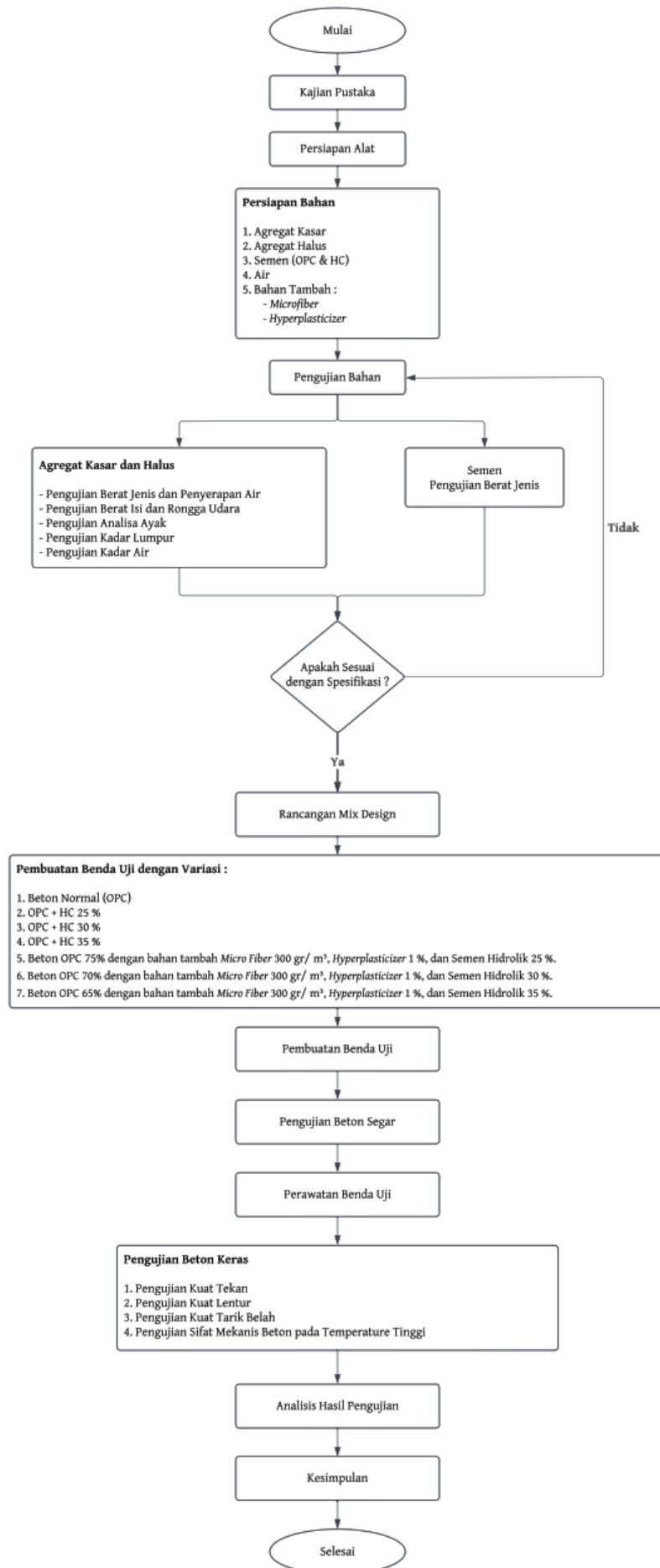
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Data Pengujian Agregat Kasar

4.1.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan air

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar dapat dilihat pada **Tabel 4.1.**

Tabel 4.1 Data pengujian berat jenis dan penyerapan air

Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar					
Pengujian	Notasi	I	II	III	Satuan
Berat Benda Uji Kering Oven	A	1445	1440	1435	Gram
Berat Benda Uji Kering Permukaan di Udara (SSD)	B	1489.8	1478.4	1484.6	Gram
Berat Benda Uji dalam Air	C	898.6	892.5	871.1	Gram

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Rumus Perhitungan :

- Berat Jenis = $\frac{\text{Berat Benda Uji Kering Oven (gr)}}{\text{Berat Benda Uji SSD (gr)} - \text{Berat Benda Uji dalam air (gr)}}$
- Berat Jenis SSD = $\frac{\text{Berat Benda Uji SSD (gr)}}{\text{Berat Benda Uji SSD (gr)} - \text{Berat Benda Uji dalam Air (gr)}}$
- Berat Jenis Semu = $\frac{\text{Berat Benda Uji Kering Oven (gr)}}{\text{Berat Benda Uji Kering Oven (gr)} - \text{Berat Benda Uji dalam air (gr)}}$
- Penyerapan Air = $\frac{\text{Berat Benda Uji SSD (gr)} - \text{Berat Benda Uji Kering Oven (gr)}}{\text{Berat Benda Uji Kering Oven (gr)}} \times 100 \%$

Contoh perhitungan sampel I :

- Berat Jenis = $\frac{1445}{1489,8 - 898,6} = 2,44$
- Berat Jenis SSD = $\frac{1489,8}{1489,8 - 898,6} = 2,52$
- Berat Jenis Semu = $\frac{1445}{1445 - 898,6} = 2,64$
- Penyerapan Air = $\frac{1489,8 - 1445}{1445} \times 100 = 3,10$

Berdasarkan contoh perhitungan diatas, data hasil perhitungan pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar dapat dilihat pada **Tabel 4.2.**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat Kasar

Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar					
Pengujian	Notasi	I	II	III	Satuan
Berat Benda Uji Kering Oven	A	1445	1440	1435	Gram
Berat Benda Uji Kering Permukaan di Udara (SSD)	B	1489.8	1478.4	1484.6	Gram
Berat Benda Uji dalam Air	C	898.6	892.5	871.1	Gram
Perhitungan	Notasi	I	II	III	Rata Rata
Berat Jenis	$A / (B-C)$	2.44	2.46	2.34	2.41
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)	$B / (B-C)$	2.52	2.52	2.42	2.49
Berat Jenis Semu (Sa)	$A / (A-C)$	2.64	2.63	2.54	2.61
Penyerapan Air	$(B-A)/A \times 100\%$	3.10	2.67	3.46	3.07

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan hasil data yang diperoleh dari perhitungan pada **Tabel 4.2**, maka diperoleh Berat Jenis pada agregat kasar dalam keadaan SSD 2,49. Menurut (SNI 1969, 2008) hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat kasar yang diuji tergolong sebagai agregat normal, dengan rentang berat jenis berada antara 2,2 hingga 2,9.

Dalam praktik teknis konstruksi, agregat kasar yang memiliki penyerapan air lebih dari 5% umumnya tidak disarankan untuk digunakan, karena cenderung menyerap air pencampur secara berlebih dan dapat mengganggu kestabilan rasio air-semen dalam campuran beton.

Berdasarkan hasil Pengujian berat jenis agregat kasar diperoleh hasil Pengujian sebesar 3,07% sehingga agregat kasar tersebut dapat dikategorikan layak digunakan dalam campuran beton.

4.1.2 Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara

a. Pengujian Bobot Isi Lepas Agregat Kasar

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian bobot isi lepas pada agregat kasar dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.3 Data Pengujian Bobot Isi Lepas Agregat Kasar

Pengukuran	I	II
Berat Tabung Silinder (Kg)	4,796	
Volume Tabung (m3)	0,007076	
Berat Tabung + Agregat (Kg)	13,668	13,238
Berat Asli Agregat	8,872	8,442

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Rumus Perhitungan :

$$1. \text{ Berat Isi Agregat Lepas} = \frac{D}{V}$$

$$2. \text{ Voids} = \frac{((S \times W) - M) \times 100}{(S \times W)}$$

Contoh perhitungan sampel I :

$$1. \text{ Berat Isi Agregat Lepas} = \frac{8,872}{0,007076} = 1253,82$$

$$2. \text{ Voids} = \frac{((2,41 \times 998) - 1253,82) \times 100}{(2,41 \times 998)} = 47,87$$

Keterangan :

Berat benda uji dalam kondisi lepas = D

Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan = F

Berat Benda uji dalam kondisi dipadatkan dengan cara penggoyangan = H

Volume tabung silinder = V

Bulk Specific Gravity (Berat Jenis) Agregat = S

Density (Kerapatan) Air = W

Berat Isi Lepas rata – rata (Kg/m3) = M

Tabel 4.4 Data Hasil Perhitungan Pengujian Bobot Isi Lepas Agregat Kasar

Pengukuran	I	II
Berat Tabung Silinder (Kg)	4,796	
Volume Tabung (m3)	0,007076	
Berat Tabung + Agregat (Kg)	13,67	13,24
Berat Asli Agregat	8,872	8,442
Berat Isi Lepas (Kg/m3)	1253,82	1193,05
Berat isi lepas rata - rata (Kg/m3)	1223,434	
Voids (%)	49,21	

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

b. Pengujian Bobot Isi Padat Agregat Kasar

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian bobot isi lepas pada agregat kasar dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4.5 Data Pengujian Bobot Isi Padat Agregat Kasar

Pengukuran	I	II
Berat Tabung Silinder (Kg)	4,796	
Volume Tabung (m3)	0,007076	
Berat Tabung + Agregat (Kg)	14,127	13,972
Berat Asli Agregat	9,331	9,176

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Rumus Perhitungan :

$$1. \text{ Berat Isi Agregat Padat} = \frac{F}{V}$$

$$2. \text{ Voids} = \frac{((S \times W) - M \times 100)}{(S \times W)}$$

Contoh perhitungan pada sampel I :

$$3. \text{ Berat Isi Agregat Padat} = \frac{9,331}{0,007076} = 1318,686$$

$$4. \text{ Voids} = \frac{((2,41 \times 998) - 1318,67 \times 100)}{(2,41 \times 998)} = 45,17$$

Keterangan :

Berat benda uji dalam kondisi lepas = D

Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan = F

Berat Benda uji dalam kondisi dipadatkan dengan cara penggoyangan = H

Volume tabung silinder = V

Bulk Specific Gravity (Berat Jenis) Agregat = S

Density (Kerapatan) Air = W

Berat Isi Lepas rata – rata (Kg/m3) = M

Tabel 4.6 Data Hasil Perhitungan Pengujian Bobot Isi Padat Agregat Kasar

Pengukuran	I	II
Berat Tabung Silinder (Kg)	4,796	
Volume Tabung (m3)	0,007076	
Berat Tabung + Agregat (Kg)	14,127	13,972
Berat Asli Agregat	9,331	9,176
Berat Isi Padat (Kg/m3)	1318,686	1296,781
Berat isi Padat rata - rata (Kg/m3)	1307,733	
Voids (%)	45,74	

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh bahwa rata-rata berat isi lepas dan berat isi padat agregat halus masing-masing sebesar 1223,434 kg/m³ dan 1307,733 kg/m³. Nilai-nilai ini berada dalam kisaran yang ditetapkan oleh (SNI 03-4804, 1998), yaitu antara 1.200 - 1.750 kg/m³ untuk berat volume kering agregat. Dengan demikian, agregat kasar yang diuji memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran beton.

4.1.3 Pengujian Analisa Ayak

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian analisa ayak pada agregat kasar dapat dilihat pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7 Data Pengujian Analisa Ayak pada Agregat Kasar

ANALISA AYAK AGREGAT KASAR						
Lubang Saringan (mm)	Berat Tertahan (gram)	% Berat Tertahan	%Berat Tertahan (Kumulatif)	%Lolos Kumulatif	Spec	
					min	maks
37.5	-	-	-	100	100	- 100
25				100	100	- 100
19	80.6	2.69	2.69	97.31	95	- 100
12.5	1551.2	51.71	54.39	45.61	30.00	- 100
9.5	1004.1	33.47	87.86	12.14	0.00	- 60
4.75	357.8	11.93	99.79	0.21	0.00	- 10
2.38	2	0.07	99.86	0.14	0	- 0
1.18		0	100	0	0	- 0
600µm		0	100	0	0	- 0
300µm		0	100	0	0	- 0
150µm		0	100	0	0	- 0
Pan	4.3	0.14	100	0		
Jumlah	3000		744.59			

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Keterangan = bagian yang ditandai warna kuning tidak ikut dijumlahkan kedalam perhitungan karena bukan merupakan kelipatan 0,5 diameter agregat kasar yang digunakan

Berikut merupakan grafik gradasi pada agregat kasar yang sudah diuji dengan batas atas dan batas bawah berdasarkan SNI ASTM C136, 2012 untuk ukuran agregat kasar maksimum 20 mm.

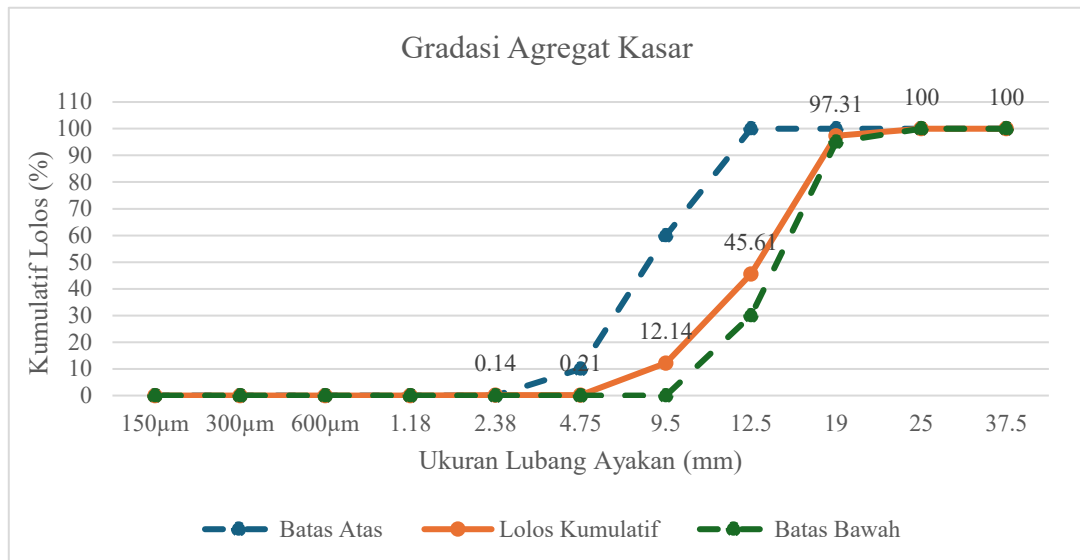
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.1 Grafik Gradasi Pada Agregat Kasar

Dari **Tabel 4.7**, diperoleh angka kehalusan sebesar 7,14. Menurut (SNI 1969, 2008), rentang ideal angka kehalusan agregat kasar untuk campuran beton adalah antara 6 hingga 7. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa angka kehalusan agregat halus yang diuji berada dalam rentang tersebut, sehingga memenuhi persyaratan untuk digunakan dalam campuran beton.

4.1.4 Pengujian Kadar Lumpur

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian kadar lumpur pada agregat kasar dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Data dan Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

KADAR LUMPUR AGREGAT KASAR			
Pengukuran	I	II	III
W1	1005	1010.2	1015.3
W2	diabaikan		
W3	diabaikan		
W4	995.2	998.4	1008.6
Kadar Lumpur	0.975	1.168	0.660
Kadar Lumpur Rata Rata	0.934		

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Rumus Perhitungan :

$$1. \text{ Kadar lumpur} = \frac{W1 - W4}{W1} \times 100\%$$

Contoh perhitungan sampel I :

Berat awal bahan (setelah dikeringkan di oven hingga berat tetap) (W1) = 1005 gram

Berat bahan lolos saringan + berat talem kondisi basah (W2) = diabaikan

Berat bahan lolos saringan + talem dalam kondisi kering (W3) = diabaikan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berat lumpur yang terpisah dari agregat (W4)

= 995,2 gram

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{1005 - 995,2}{1005} \times 100$$

$$= 0,975$$

Berdasarkan **Tabel 4.8**, menunjukkan bahwa rata rata kadar lumpur agregat kasar yang diperoleh dari hasil pengujian sebesar 0,934. Menurut (SNI 03-4142, 1996) batas minimum kadar lumpur pada agregat kasar sebesar 1%. Dengan demikian, kadar lumpur yang diperoleh masih berada di bawah batas yang dipersyaratkan dan agregat kasar tersebut dapat dinyatakan memenuhi standar mutu.

4.1.5 Pengujian Kadar Air

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian kadar air pada agregat kasar dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9 Data dan Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

KADAR AIR AGREGAT KASAR					
Pengukuran	Satuan	Notasi	I	II	II
Berat Talam W1	gram	W1	295	287	298
Berat Talam + Agr W2	gram	W2	2295	2287	2298
Berat Agregat Asli	gram	A	2000	2000	2000
Berat Agregat Kering Oven + Talam	gram	W4	2264	2265	2284
Berat Agregat Kering Oven	gram	B	1969	1978	1986
Kadar Air %	gram	P	1.574	1.112	0.705
Kadar Air Rata - rata (%)	gram			1.131	

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Rumus Perhitungan :

$$1. \text{ Kadar air \% (P)} = \frac{A-B}{B} \times 100\%$$

Contoh perhitungan pada sampel I :

Berat talam (W1) = 295 gram

Berat talam + agregat (W2) = 2295 gram

Berat agregat asli (A) = (W2 – W1)
= 2295 – 295
= 2000 gram

Berat agregat kering oven + talam (W4) = 2164 gram

Berat agregat kering oven (B) = (W4 – W1)
= (2264 – 295)
= 1969 gram

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Kadar air % (P)

$$= \frac{2000 - 1969}{1969} \times 100$$

$$= 1,574 \%$$

Berdasarkan hasil uji pada Tabel 4.9, rata rata kadar air agregat kasar sebesar 1,131% berada di bawah nilai penyerapan air sebesar 4,695% yang terdapat pada tabel 4.2, yang menunjukkan bahwa agregat kasar berada dalam kondisi kering.

4.2. Analisa Data Pengujian Agregat Halus

4.2.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan air

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

Tabel 4.10 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus					
Pengujian	Notasi	I	II	III	Satuan
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500	500	Gram
Berat benda uji kering oven	A	493.6	493.6	495.8	Gram
Berat piknometer yang berisi air	B	1328	1319.1	1320.1	Gram
Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	1634	1628.3	1628.3	Gram

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Rumus Perhitungan :

- Berat Jenis = $\frac{A}{B+S-C}$
- Berat Jenis SSD = $\frac{S}{B+S-C}$
- Berat Jenis Semu = $\frac{A}{B+A-C}$
- Penyerapan Air = $\frac{S-A}{A} \times 100 \%$

Contoh perhitungan sampel I :

- Berat Jenis = $\frac{498,6}{1328+500-1634} = 2,57$
- Berat Jenis SSD = $\frac{500}{1328+500-1634} = 2,58$
- Berat Jenis Semu = $\frac{498,6}{1328+498,6-1634} = 2,59$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$d. \text{ Penyerapan Air} = \frac{500-498,6}{498,6} \times 100 \% = 0,003$$

Menurut perhitungan diatas yang sudah dilampirkan untuk sampel I, II, dan III, data hasil perhitungan pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar dapat dilihat pada **Tabel 4.11**.

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat Halus

Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus					
Pengujian	Notasi	I	II	III	Satuan
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500	500	Gram
Berat benda uji kering oven	A	493.6	493.6	495.8	Gram
Berat piknometer yang berisi air	B	1328	1319.1	1320.1	Gram
Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	1634	1628.3	1628.3	Gram
Perhitungan	Notasi	I	II	III	Rata Rata
Berat Jenis	$A / (B + S - C)$	2.54	2.59	2.58	2.57
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)	$S / (B + S - C)$	2.58	2.62	2.61	2.60
Berat Jenis Semu (Sa)	$A / (B + A - C)$	2.63	2.68	2.64	2.65
Penyerapan Air	$(S-A)/A \times 100\%$	1.297	1.297	0.847	1.147

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan hasil data yang diperoleh dari perhitungan pada **Tabel 4.11**, maka berat jenis pada agregat halus sebesar 2,57, berat jenis SSD sebesar 2,60, dan berat jenis semu sebesar 2,65.

Menurut (SNI 1970, 2008) hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat halus yang diuji termasuk dalam kategori agregat normal, dengan rentang berat jenis berkisar antara 2,3 hingga 2,6 g/cm³

Menurut (SNI 03-2834, 2000), agregat halus dengan nilai penyerapan air kurang dari 3% tergolong memenuhi kriteria mutu yang baik untuk beton struktural. Oleh karena itu, nilai penyerapan air agregat halus sebesar 1,147% menunjukkan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

bahwa agregat yang digunakan memiliki kualitas yang baik dan layak digunakan dalam campuran beton.

4.2.2 Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara

a. Pengujian Bobot Isi Lepas Agregat Halus

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian bobot isi lepas pada agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 4.12**.

Tabel 4.12 Data Pengujian Bobot Isi Lepas Agregat Halus

Pengukuran	I	II
Berat Tabung Silinder (Kg)	3,264	
Volume Tabung (m3)	0,003078	
Berat Tabung + Agregat (Kg)	7,716	7,937
Berat Asli Agregat	4,452	4,673

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Rumus Perhitungan :

$$1. \text{ Berat Isi Agregat Lepas} = \frac{D}{V}$$

$$2. \text{ Voids} = \frac{((S \times W) - M \times 100)}{(S \times W)}$$

Contoh Perhitungan Sampel I :

$$1. \text{ Berat Isi Agregat Lepas} = \frac{4,452}{0,003078} = 1446,335$$

$$2. \text{ Voids} = \frac{((2,57 \times 998) - 1446,335) \times 100}{(2,57 \times 998)} = 43,61$$

Keterangan :

Berat benda uji dalam kondisi lepas = D

Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan = F

Berat Benda uji dalam kondisi dipadatkan dengan cara penggoyangan = H

Volume tabung silinder = V

Bulk Specific Gravity (Berat Jenis) Agregat = S

Density (Kerapatan) Air = W

Berat Isi Lepas rata – rata (Kg/m3) = M

Tabel 4.13 Data Hasil Perhitungan Pengujian Bobot Isi Lepas Agregat Halus

Pengukuran	I	II
Berat Tabung Silinder (Kg)	3,264	
Volume Tabung (m3)	0,003078	
Berat Tabung + Agregat (Kg)	7,716	7,937

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengukuran	I	II
Berat Asli Agregat	4,452	4,673
Berat Isi Lepas (Kg/m3)	1446,335	1518,132
Berat isi lepas rata - rata (Kg/m3)	1482,233	
Voids (%)	43,61	40,81
Voids rata - rata (%)	42,21	

Sumber : Hasil Pengolahan Data

b. Pengujian Bobot Isi Padat Agregat Halus

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian bobot isi lepas pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Data Pengujian Bobot Isi Padat Agregat Kasar

Pengukuran	I	II
Berat Tabung Silinder (Kg)	3,264	
Volume Tabung (m3)	0,003078	
Berat Tabung + Agregat (Kg)	8,202	8,256
Berat Asli Agregat	4,938	4,673

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Rumus Perhitungan :

$$1. \text{ Berat Isi Agregat Padat} = \frac{F}{V}$$

$$2. \text{ Voids} = \frac{((S \times W) - M \times 100)}{(S \times W)}$$

Contoh Perhitungan Sampel I :

$$1. \text{ Berat Isi Agregat Padat} = \frac{4,938}{0,003078} = 1604,22$$

$$2. \text{ Voids} = \frac{((2,57 \times 998) - 1604,22 \times 100)}{(2,57 \times 998)} = 37,45$$

Keterangan :

Berat benda uji dalam kondisi lepas = D

Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan = F

Berat Benda uji dalam kondisi dipadatkan dengan cara penggoyangan = H

Volume tabung silinder = V

Bulk Specific Gravity (Berat Jenis) Agregat = S

Density (Kerapatan) Air = W

Berat Isi Lepas rata – rata (Kg/m3) = M

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.15 Data Hasil Perhitungan Pengujian Bobot Isi Padat Agregat Halus

Pengukuran	I	II
Berat Tabung Silinder (Kg)	3,264	
Volume Tabung (m ³)	0,003078	
Berat Tabung + Agregat (Kg)	8,202	8,256
Berat Asli Agregat	4,938	4,673
Berat Isi Lepas (Kg/m ³)	1604,223	1621,766
Berat isi lepas rata - rata (Kg/m ³)	1612,995	
Voids (%)	37,45	36,77
Voids rata - rata (%)	37,16	

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh bahwa rata-rata berat isi lepas dan berat isi padat agregat halus masing-masing sebesar 1604,223 kg/m³ dan 1621,766 kg/m³. Menurut (SNI 1970, 2008) agregat halus yang diuji memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran beton karena berada pada rentang antara 1.200 - 1.750 kg/m³ untuk berat volume kering agregat.

4.2.3 Pengujian Analisa Ayak

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian analisa ayak pada agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 4.16**.

Tabel 4.16 Data Pengujian Analisa Ayak pada Agregat Halus

ANALISA AYAK AGREGAT HALUS						
Lubang Saringan (mm)	Berat Tertahan (gram)	% Berat Tertahan	%Berat Tertahan (Kumulatif)	%Lolos Kumulatif	Spec	
					min	maks
9.5	-	-	-	100.00	100	100
4.75	13.2	2.64	2.64	97.36	90	100
2.38	35.9	7.18	9.82	90.18	75	100
1.18	77	15.40	25.22	74.78	55	90
600µm	135.8	27.16	52.38	47.62	35	59
300µm	121	24.20	76.58	23.42	8	30
150µm	75.9	15.18	91.76	8.24	0	10
Pan	41.2	8.24	100.00			
Jumlah	500		258.40			

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berikut merupakan grafik gradasi pada agregat halus yang sudah diuji dengan batas atas dan batas bawah berdasarkan SNI ASTM C136, 2012 untuk ukuran agregat halus maksimum 4,75 mm.

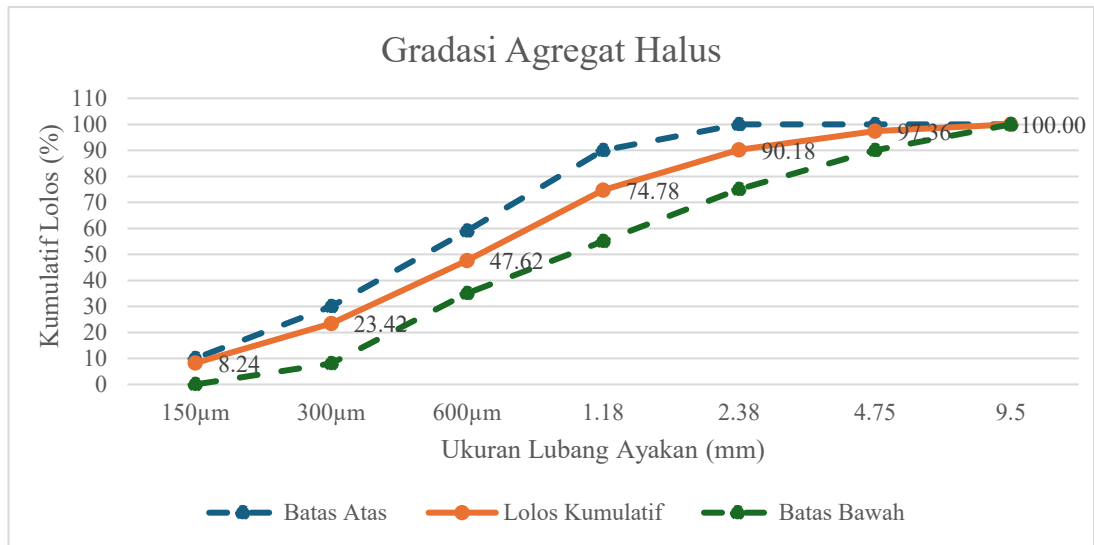
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.2 Grafik Gradasi Pada Agregat Halus

Dari **Tabel 4.16**, diperoleh angka kehalusan sebesar 2,58. Menurut (SII No. 52 tahun 1980), rentang ideal angka kehalusan agregat halus untuk campuran beton adalah antara 1,5 hingga 3,8. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa angka kehalusan agregat halus yang diuji berada dalam rentang tersebut, sehingga memenuhi persyaratan untuk digunakan dalam campuran beton.

4.2.4 Pengujian Kadar Lumpur

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian kadar lumpur pada agregat kasar dapat dilihat pada **Tabel 4.17**.

Tabel 4.17 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS			
Pengukuran	I	II	III
W1	505.2	510.4	515.2
W2	diabaikan		
W3			
W4	496.6	505.3	498.9
Kadar Lumpur	1.702	0.999	3.164
Kadar Lumpur Rata Rata	1.955		

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Rumus Perhitungan :

$$1. \text{ Kadar lumpur} = \frac{W1-W4}{W1} \times 100$$

Contoh pehitungan sampel I :

Berat awal bahan (setelah dikeringkan di oven hingga berat tetap) (W1) = 505,2 gram

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berat bahan lolos saringan + berat talam kondisi basah (W2) = diabaikan
 Berat bahan lolos saringan + talam dalam kondisi kering (W3) = diabaikan
 Berat lumpur yang terpisah dari agregat (W4) = 496,6 gram

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{505,2 - 496,6}{505,2} \times 100$$

$$= 1,702\%$$

Berdasarkan **Tabel 4.17**, menunjukkan bahwa rata rata kadar lumpur agregat halus yang diperoleh dari hasil pengujian sebesar 0,020. Menurut (SNI 03-4142, 1996) batas minimum kadar lumpur pada agregat halus sebesar 15% sedangkan pada pengujian diperoleh hasil pengujian sebesar 1,702%.

4.2.5 Pengujian Kadar Air

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian kadar air pada agregat kasar dapat dilihat pada **Tabel 4.18**.

Tabel 4.18 Data dan Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

KADAR AIR AGREGAT HALUS					
Pengukuran	Satuan	Notasi	I	II	II
Berat Talam	gram	W1	912	932	926
Berat Talam + Agregat	gram	W2	2912	2932	2926
Berat Agregat Asli	gram	A	2000	2000	2000
Berat Agregat Kering Oven + Talam	gram	W4	2821	2864	2769
Berat Agregat Kering Oven	gram	B	1909	1932	1843
Kadar Air %	gram	P	4.767	3.520	8.519
Kadar Air Rata - rata (%)	gram			5.602	

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Rumus Perhitungan :

$$1. \text{ Kadar air \% (P)} = \frac{A-B}{B} \times 100\%$$

Contoh Perhitungan Sampel 1 :

Berat talam (W1) = 912 gram

Berat talam + agregat (W2) = 2912 gram

Berat agregat asli (A) = (W2 – W1)
 = 2912 – 912
 = 2000 gram

Berat agregat kering oven + talam (W4) = 2821 gram

Berat agregat kering oven (B) = (W4 – W1)
 = (2821 – 912)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$= 1909 \quad \text{gram}$$

Kadar air % (P)

$$= \frac{2000 - 1909}{1909} \times 100\%$$

$$= 4,77 \%$$

Berdasarkan **Tabel 4.18**, diketahui bahwa rata-rata kadar air pada agregat halus dari hasil pengujian adalah sebesar 5,602%. Angka ini lebih tinggi dibandingkan nilai penyerapan air agregat halus yang tercantum pada **Tabel 4.11** sebesar 1,147%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kondisi agregat kasar tersebut dalam keadaan basah.

4.3. Analisa Data Pengujian Berat Jenis Semen OPC

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian berat jenis pada semen dapat dilihat pada **Tabel 4.19**.

Tabel 4.19 Data Pengujian Berat Jenis Pada Semen OPC

Sample	Berat Semen (gr)	V1 (ml)	V2 (ml)
I	64,2	0,9	22
II	64,5	0,8	20

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Rumus Perhitungan :

$$\text{Berat Jenis Semen} = \frac{\text{Berat Semen (gram)}}{(V2 - V1) \times \text{Berat Isi Air}}$$

Perhitungan Sampel I :

$$\text{Berat Jenis Semen} = \frac{64,2}{(22 - 0,9) \times 1} = 3,043$$

Tabel 4.20 Data Hasil Perhitungan Pengujian Berat Jenis Pada Semen OPC
Berat Jenis Semen Portland

Sample	Berat Semen (gr)	V1 (ml)	V2 (ml)	Berat Jenis
I	64,2	0,9	22	3,043
II	64,5	0,8	20	3,359
BJ Rata Rata				3,201

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan hasil pengujian, berat jenis semen Portland yang diperoleh adalah 3,201 g/cm³. Menurut (SNI 15-2531, 1991), standar berat jenis semen Portland di Indonesia berada pada rentang 3,00 hingga 3,20 g/cm³. Dengan demikian, hasil pengujian menunjukkan bahwa semen yang digunakan telah memenuhi persyaratan tersebut dan layak digunakan dalam campuran beton.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.4. Analisis Data Pengujian Berat Jenis Semen Hidrolik

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian berat jenis pada semen dapat dilihat pada **Tabel 4.21**.

Tabel 4.21 Data Pengujian Berat Jenis Pada Semen Hidrolik

Sample	Berat Semen (gr)	V1 (ml)	V2 (ml)
I	64.3	1	22.5
II	64.4	1	21

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Rumus Perhitungan :

$$\text{Berat Jenis Semen} = \frac{\text{Berat Semen (gram)}}{(V2 - V1) \times \text{Berat Isi Air}}$$

Perhitungan Sampel I :

$$\text{Berat Jenis Semen} = \frac{64,3}{(2,5 - 1) \times 1} = 2,991$$

Tabel 4.22 Data Hasil Perhitungan Pengujian Berat Jenis Pada Semen Hidrolik

Berat Jenis Semen Hidrolik				
Sample	Berat Semen (gr)	V1 (ml)	V2 (ml)	Berat Jenis
I	64.3	1	22.5	2.991
II	64.4	1	21	3.22
BJ Rata Rata				3.11

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan hasil pengujian, berat jenis semen hidrolik yang diperoleh adalah 3,11 g/cm³. Menurut (SNI 15-2531, 1991), standar berat jenis semen Portland di Indonesia berada pada rentang 3,00 hingga 3,20 g/cm³. Dengan demikian, hasil pengujian menunjukkan bahwa semen yang digunakan telah memenuhi persyaratan tersebut dan layak digunakan dalam campuran beton.

4.5. Analisis Data Rancangan Campuran Beton (*Mix Design*)

4.5.1 Perhitungan Campuran Beton (Metode Erntroy & Shacklock)

Tahapan dalam menghitung kebutuhan bahan yang diperlukan untuk membuat benda uji adalah sebagai berikut :

1. Menentukan target kuat tekan umur 28 hari = 55 MPa
2. Menentukan tingkat pengawasan (0,65 – 0,95) = 0,8
3. Menghitung kekuatan rata rata yang ditargetkan (fcr) = $\frac{F_{ct}}{m}$

Keterangan :

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

F_{cr} = kuat tekan rata rata (MPa)

$F_{c'}$ = kuat tekan yang direncanakan (MPa)

$$F_{cr} = \frac{55}{0,95}$$

$$= 57,89 \text{ MPa}$$

$$= 590,52 \text{ kg/cm}^2$$

4. Jenis semen yang digunakan = Semen Portland Tipe 1 & Semen Hidrolik
5. Jenis agregat kasar yang digunakan = Batu pecah (Irregular Gravel) dengan diameter maksimum 20 mm
6. Jenis agregat halus yang digunakan = Pasir Bangka
7. Berat jenis semen OPC = 3,2
8. Berat jenis agregat kasar SSD = 2,4
9. Berat jenis agregat halus SSD = 2,6
10. Menentukan Nilai Acuan (*Reference Number*)

Nilai Acuan (*Reference Number*) dapat didapatkan dari grafik **Gambar 4.3**

Berdasarkan grafik, didapatkan *Reference Number* sebesar **15**

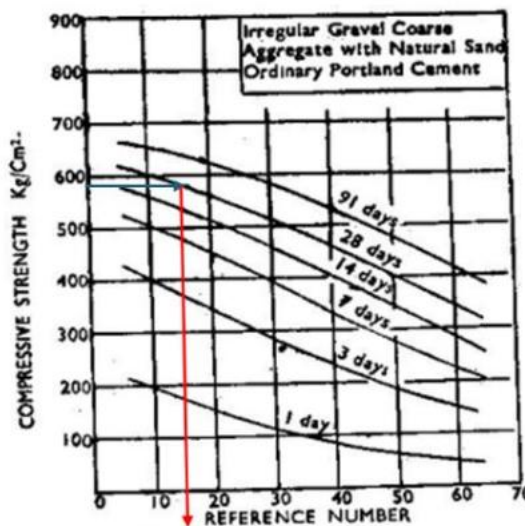


Fig. 11-8. Relationship between Compressive Strength and Reference Number for Mixes containing irregular Gravel Coarse Aggregate, Natural Sand and Ordinary Portland Cement.

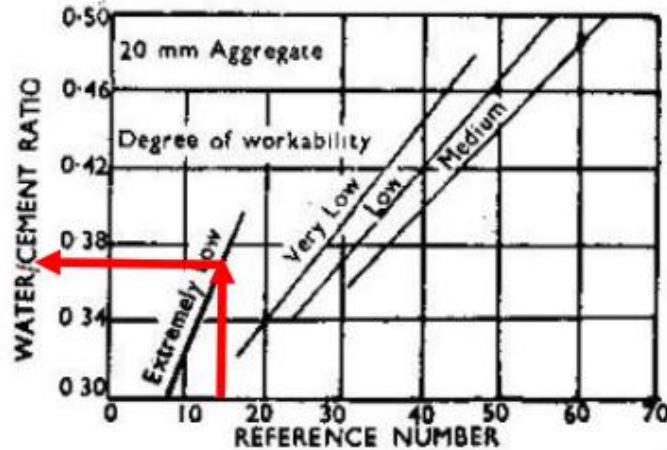
Gambar 4.3 Grafik Angka Referensi (*Reference Number*)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

11. Menentukan Faktor Air Semen (FAS)

Nilai faktor air semen ditentukan menggunakan grafik yang tertera pada **Gambar 4.4** Berdasarkan grafik, diperoleh nilai FAS sebesar 0,36



Gambar 4.4 Grafik FAS dan Reference Number untuk agregat kasar diameter maksimal 20 mm

12. Menentukan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*)

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) yaitu **Extremely Low**

13. Menentukan rasio perbandingan semen dan agregat kasar

Nilai rasio perbandingan semen dan agregat kasar diperoleh dari grafik yang tertera pada **Gambar 4.5**

AGGREGATE/ORDINARY CEMENT

Table 11-22

Aggregate/Cement Ratio (by Weight) Required to give four Degrees of Workability with Different Water/Cement Ratio using Ordinary Portland Cement^{1,2,3}

Type of coarse aggregate*	Irregular Gravel				Crushed Granite										
Maximum size of aggregate	20 mm		10 mm		20 mm		10 mm								
Degree of workability†	EL	VL	L	M	EL	VL	L	M	EL	VL	L	M			
Water/Cement Ratio by Weight															
0.30	3.0	—	—	—	2.4	—	—	—	3.3	—	—	—	2.9	—	—
0.32	3.8	2.5	—	—	3.2	—	—	—	4.0	2.6	—	—	3.6	2.3	—
0.34	4.5	3.0	2.5	—	3.9	2.6	—	—	4.6	3.2	2.6	—	4.2	2.8	2.3
0.36	5.2	3.5	3.0	2.5	4.6	3.1	2.6	—	5.2	3.6	3.1	2.6	4.7	3.2	2.7
0.38	—	4.0	3.4	2.9	5.2	3.5	3.0	2.5	—	4.1	3.5	2.9	5.2	3.6	3.0
0.40	—	4.4	3.8	3.2	—	3.9	3.3	2.7	—	4.5	3.8	3.2	—	4.0	3.3
0.42	—	4.9	4.1	3.5	—	4.3	3.6	3.0	—	4.9	4.2	3.5	—	4.4	3.6
0.44	—	5.3	4.5	3.8	—	4.7	3.9	3.3	—	5.3	4.5	3.7	—	4.8	3.9
0.46	—	—	4.8	4.1	—	5.1	4.2	3.6	—	—	4.8	4.0	—	5.1	4.2
0.48	—	—	5.2	4.4	—	5.4	4.5	3.8	—	—	5.1	4.2	—	5.5	4.5
0.50	—	—	5.5	4.7	—	—	4.8	4.1	—	—	5.4	4.5	—	—	4.7

*Natural sand used in combination with both types of coarse aggregate.

†EL = Extremely Low.

*Natural sand used in combination with both types of coarse aggregate.
†EL = Extremely Low.

Gambar 4.5 Tabel rasio perbandingan semen dan agregat kasar

Berdasarkan tabel yang tertera pada gambar 4.5, perbandingan semen dan agregat kasar adalah 5:2

14. Menentukan rasio perbandingan agregat halus dengan total agregat

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

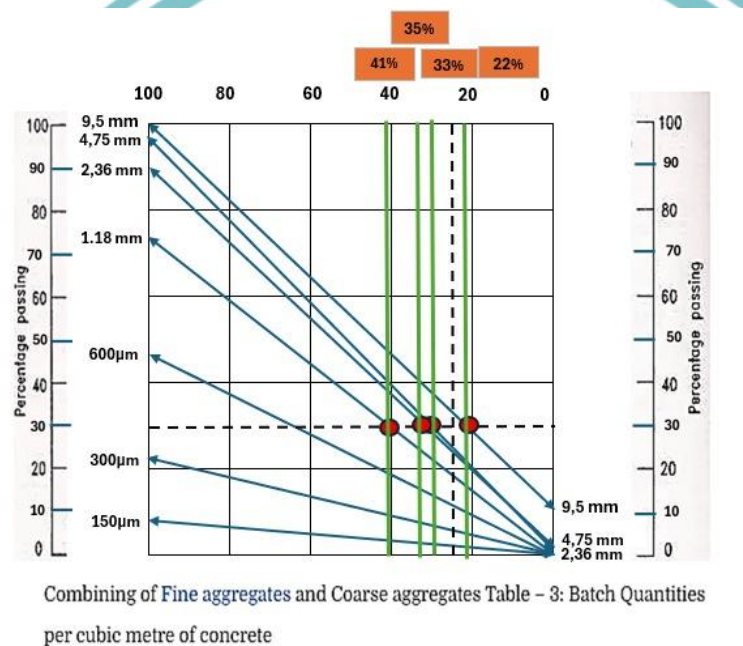
Penentuan rasio agregat halus terhadap total agregat dilakukan dengan memplot data hasil analisis ayakan ke dalam grafik, sebagaimana disajikan pada Gambar 4.6 sehingga diperoleh perbandingan agregat halus dengan total agregat sebesar :

$$\% \text{ Agregat halus} = (33\% + 35\% + 22\% + 41\%) : 4$$

$$= 33\%$$

$$\% \text{ Agregat kasar} = 100\% - 33\%$$

$$= 67\%$$



Gambar 4.6 Rasio perbandingan agregat halus dengan total agregat

Rasio perbandingan material penyusun beton :

- a. Semen = 1 C
- b. Pasir (AH) = 5,2 x 33%
= 1,72
- c. Kerikil (AK) = 5,2 x 67%
= 3,48
- d. Air = 0,36 C

15. Menghitung berat semen untuk 1m³

Untuk menghitung perkiraan jumlah kebutuhan semen dalam 1 m³ digunakan rumus perbandingan bahan padat sebagai berikut :

$$\frac{\text{rasio semen}}{\text{BJ semen}} + \frac{\text{rasio agregat halus}}{\text{BJ agregat halus}} + \frac{\text{rasio agregat kasar}}{\text{BJ agregat kasar}} + \frac{\text{rasio air}}{\text{BJ air}} = 1000$$

Keterangan :

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BJ = Berat Jenis

Maka diperoleh berat semen untuk 1 m³ sebagai berikut

$$\frac{1C}{3,2} + \frac{1,72 C}{2,6} + \frac{3,48 C}{2,4} + \frac{0,36 C}{1} = 1000$$

Keterangan :

C = Berat semen untuk 1 m³

Sehingga diperoleh nilai C atau berat semen untuk 1 m³ sebanyak 359,19 kg

Setelah memperoleh nilai C atau berat semen untuk 1 m³ maka kita dapat menghitung berat dari masing masing bahan penyusun lainnya dengan menggunakan rumus :

$$\text{Berat bahan penyusun} = \text{rasio bahan penyusun} \times \text{berat semen dalam } 1 \text{ m}^3$$

Adapun hasil perhitungan sebagai berikut :

- Berat agregat halus dalam 1 m³ = 1,72 x 359,19
= 616,37 kg
- Berat agregat kasar dalam 1 m³ = 3,48 x 359,19
= 1251,42 kg
- Berat air dalam 1 m³ = 0,36 x 359,19
= 129,31 kg

Sehingga diperoleh rekapitulasi berat bahan penyusun campuran beton dalam 1 m³ sebagai berikut :

- Semen = 359,19 kg
- Pasir = 616,37 kg
- Kerikil = 1251,42 kg
- Air = 129,31 kg

Berat isi beton segar rencana = 2356,29 kg

16. Koreksi Air Agregat

Kelebihan Air

- Pasir = % Penyerapan air - % Kadar air
= 1,147 – 5,602
= -4,453%
- Kerikil = % Penyerapan air - % Kadar air
= 3,074 – 1,131
= 1,943%

Koreksi Material :

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- a. Pasir = $616,37 \text{ kg} \times -4,453\%$
= $-27,45 \text{ kg}$
- b. Kerikil = $1251,42 \times 1,943\%$
= $24,31 \text{ kg}$

Perkiraan material 1 m³ setelah dikoreksi kadar air :

- a. Semen = $359,19 \text{ kg}$
- b. Pasir = $616,37 - (-27,45)$
= $643,82 \text{ kg}$
- c. Kerikil = $1251,42 - 24,31$
= $1227,11 \text{ kg}$
- d. Air = $129,308 - 27,45 + 24,31$
= $126,168 \text{ kg}$

Maka perkiraan berat isi beton segar setelah koreksi kadar air sebesar 2356,29 kg.

Berikut adalah tabel rekapitulasi *Mix Design*

No	Uraian	Rumus digunakan	Nilai	Satuan
1	Faktor Air Semen digunakan	Ditetapkan	0.36	
2	Ukuran agregat maksimum		20	mm
3	Rasio perbandingan semen dengan agregat	Tabel	5.20	
4	Nilai Slump	Tabel SNI 7656:2012	100	mm
5	Rasio perbandingan agregat halus dengan total agregat	Grafik (ditetapkan zona 2)	33	%
6	% Agregat Halus		67	%
7	BJ Semen	sesuai SNI 15-2531-1991 (3 -3,2)	3.2	
8	BJ Agregat Kasar	sesuai SNI 03-1970-1990 (2,3 - 2,6)	2.4	
9	BJ Agregat Halus	sesuai SNI 1969:2008 (2,4 - 2,9)	2.6	
Rasio Perbandingan Bahan Susun				
10	Rasio perbandingan bahan susun	Semen	1	
		Pasir = (Perbandingan AH x % Lolos / 100)	1.716	
		Kerikil = (Perbandingan AK x % Lolos / 100)	3.484	
		Nilai FAS	0.36	

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

11	Berat semen per m ³ (C)	359.19	kg
Jumlah Kebutuhan Material untuk beton 1 m³			
	Semen OPC	359.190	kg
	Semen HC 25%	89.798	kg
	Semen HC 30%	107.757	kg
12	Semen HC 35%	125.717	kg
	Pasir	616.370	kg
	Kerikil	1251.418	kg
	Air	129.308	kg

Sumber : Hasil Pengolahan Data

4.5.2 Kebutuhan Benda Uji

Penelitian ini menggunakan benda uji yang berbentuk silinder, balok dan kubus. Untuk setiap variasi, terdapat 18 silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, sedangkan untuk balok terdapat 2 balok dengan dimensi 15 cm x 15 cm x 60 cm dan 1 buah kubus untuk pengujian waktu ikat dengan sisi 10 cm. Berikut adalah perhitungan volume benda uji yang dibutuhkan pada setiap variasi.

a. Volume Silinder

$$\begin{aligned}
 V_{sd} &= \frac{1}{4} \pi \times (d)^2 \times t \\
 V_{sd} &= \frac{1}{4} \pi \times (0,15)^2 \times 0,3 \\
 V_{sd} &= 0,0053 \text{ m}^3 \\
 V_{sd} \text{ Total} &= 17 \times 0,0053 \text{ m}^3 \\
 &= 0,090 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

b. Volume Balok

$$\begin{aligned}
 V_b &= p \times l \times t \\
 V_b &= 0,15 \times 0,15 \times 0,6 \\
 V_b &= 0,0135 \text{ m}^3 \\
 V_b \text{ Total} &= 2 \times 0,0135 \\
 &= 0,027 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

c. Volume Kubus

$$\begin{aligned}
 V_k &= S^3 \\
 V_k &= 0,1^3 \\
 V_k &= 0,001 \text{ m}^3 \\
 V_k \text{ Total} &= 1 \times 0,001 \text{ m}^3 \\
 &= 0,001 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

d. Volume total keseluruhan untuk 1 variasi

$$\begin{aligned} \text{Silinder} + \text{Balok} + \text{Kubus} &= 0,090 + 0,027 + 0,001 \\ &= 0,118 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tabel 4.23 Jumlah Benda Uji Tiap Variasi

Variasi	Silinder	Balok	Kubus
OPC	18	3	1
OPC 75% + HC 25%	6	3	1
OPC 70% + HC 30%	6	3	1
OPC 65% + HC 35%	6	3	1
V5	18	3	1
V6	18	3	1
V7	18	3	1

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Keterangan :

V5 = OPC 75% + HC 25% + MF 300gr/m³ + HP 1% berat semen

V6 = OPC 70% + HC 30% + MF 300gr/m³ + HP 1% berat semen

V7 = OPC 65% + HC 35% + MF 300gr/m³ + HP 1% berat semen

4.5.3 Proporsi Campuran Tiap Variasi

Pada penelitian ini, penggunaan bahan tambah dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

Micro Fiber (MF) = dosis microfiber 300 gr x volume cetakan x jumlah benda uji

Hiperplasticizer (HP) = dosis HP (1% berat semen) x kebutuhan semen

Tabel 4.24 Hasil Kebutuhan Bahan Tambah Tiap Variasi

Variasi	Bahan Tambah	Jumlah	Satuan
V5	Microfiber (MF)	0.039	kg
	Hiperplasticizer (HP)	0.471	kg
V6	Microfiber (MF)	0.039	kg
	Hiperplasticizer (HP)	0.471	kg
V7	Microfiber (MF)	0.039	kg
	Hiperplasticizer (HP)	0.471	kg

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Keterangan :

V5 = OPC 75% + HC 25% + MF 300gr/m³ + HP 1% berat semen

V6 = OPC 70% + HC 30% + MF 300gr/m³ + HP 1% berat semen

V7 = OPC 65% + HC 35% + MF 300gr/m³ + HP 1% berat semen

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.25 Rekapitulasi Proporsi Campuran untuk Tiap Variasi

Variasi	Semen OPC (kg)	Semen HC (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Microfiber (kg)	HP 1% berat semen (kg)
OPC	48.767	-	83.68	169.90	-	-
OPC 75% + HC 25%	17.723	5.908	40.55	82.33	-	-
OPC 70% + HC 30%	16.542	7.089	40.55	82.33	-	-
OPC 65% + HC 35%	15.360	8.271	40.55	82.33	-	-
V5	36.575	12.192	83.68	104.22	0.041	0.488
V6	34.137	14.630	83.68	104.22	0.041	0.488
V7	31.698	17.068	83.68	104.22	0.041	0.488

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Keterangan :

V5 = OPC 75% + HC 25% + MF 300gr/m³ + HP 1% berat semen

V6 = OPC 70% + HC 30% + MF 300gr/m³ + HP 1% berat semen

V7 = OPC 65% + HC 35% + MF 300gr/m³ + HP 1% berat semen

4.6 Koreksi Faktor Air Semen

Dalam kondisi ideal, nilai FAS direncanakan berdasarkan jumlah air dan semen yang direncanakan tanpa mempertimbangkan perubahan kondisi agregat di lapangan. Namun, dalam praktiknya, agregat sering kali memiliki kadar air di lapangan yang berbeda dengan kondisi SSD (Saturated Surface Dry), atau terjadi penambahan air akibat penggunaan bahan tambah seperti *Hyperplasticizer* yang bertindak sebagai *water reducer*. Oleh karena itu, perlu dilakukan koreksi terhadap jumlah air pencampur aktual agar rasio FAS tetap sesuai.

Menurut (SNI 7656, 2012) jumlah air pencampur harus dikoreksi berdasarkan selisih antara kadar air aktual agregat dan nilai penyerapan air agregat SSD, dikalikan dengan berat agregat yang digunakan.

$$\Delta W = (\text{Penyerapan air} - \text{Kadar air}) \times \text{Berat Agregat}$$

Keterangan :

ΔW = Koreksi Air (kg)

Setelah air total actual dihitung, nilai FAS dikoreksi menggunakan rumus :

$$FAS \text{ Baru} = \frac{\text{Berat Air Aktual} - \text{Sisa Air} - \text{Koreksi Agregat}}{\text{Berat Semen}}$$

Berikut adalah perhitungan koreksi faktor air semen akibat penambahan bahan tambah *Hyperplasticizer* :

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$FAS\ awal = \frac{129,3084}{359,19} = 0,36$$

Contoh Perhitungan Koreksi Terhadap Kadar Air Agregat

Fas lama	0.36	
Kadar air AH	5,602	%
Kadar air AK	1,131	%
Penyerapan air AH	1.147	%
Penyerapan air AK	3.07	%
Air Rencana	129.3084	kg
Berat AK	1251.418	kg
Berat AH	616.37	kg
Berat Semen	359.19	kg
Kelebihan air variasi 4	4.86	kg
Kelebihan air variasi 5	5.18	kg
Kelebihan air variasi 6	5.48	kg

Terhadap agregat kasar

$$\Delta W_{AK} = (\text{Penyerapan air agregat} - \text{Kadar air aktual}) \times M$$

$$\Delta W_{AK} = (3,074\% - 1,131\%) \times 1251,42$$

$$\Delta W_{AK} = 1.943\% \times 1251,42$$

$$\Delta W_{AK} = 24,31 \text{ kg}$$

Terhadap agregat halus

$$\Delta W_{AH} = (\text{Penyerapan air agregat} - \text{Kadar air aktual}) \times M$$

$$\Delta W_{AH} = (1,147\% - 5,602\%) \times 616,37$$

$$\Delta W_{AH} = -4,455\% \times 616,37$$

$$\Delta W_{AH} = - 27,459 \text{ kg}$$

Contoh Perhitungan Koreksi Faktor Air Semen

Koreksi FAS variasi 5 (OPC 75% + HC 25% + HP 1% + MF 300gr)

$$\begin{aligned} \text{Berat air aktual} &= \text{Kebutuhan air rencana} - \text{koreksi agregat kasar} \\ &\quad - \text{koreksi agregat halus} \\ &= 129,308 - 24,31 - 27,459 \end{aligned}$$

$$\text{Kebutuhan air baru} = 77,534 \text{ kg}$$

$$\text{Kelebihan air} = 4,86 \text{ kg}$$

$$\text{Koreksi Agregat Kasar} = 24,315 \text{ kg}$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Koreksi Agregat Halus = - 27,459 kg

Berat Semen = 359,19 kg

$$\text{FAS Baru} = \frac{\text{Berat Air Aktual} - \text{Sisa Air} - \text{Koreksi Agregat}}{\text{Berat Semen}}$$

$$\text{FAS Baru} = \frac{77,534 - 4,86 - (-27,459) - 24,315}{359,19}$$

$$\text{FAS Baru} = 0,211$$

$$\text{Faktor koreksi} = \frac{\text{FAS Baru} - \text{FAS Lama}}{\text{FAS Lama}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,211 - 0,360}{0,360} \times 100\%$$

$$\text{Faktor koreksi} = - 41,37\%$$

Sehingga diperoleh rekapitulasi koreksi factor air semen tiap variasi sebagai berikut :

Tabel 4.26 Rekapitulasi Koreksi Faktor Air Semen Tiap Variasi Bahan Tambah

Rekapitulasi Koreksi FAS			
Variasi	FAS Lama	FAS Baru	Koreksi Terhadap FAS Lama
(Variasi 1) OPC 75% + HC 25% + MF 300 gram + HP 1%		0.211	-41.37
(Variasi 2) OPC 70% + HC 30% + MF 300 gram + HP 1%	0.36	0.222	-38.47
(Variasi 3) OPC 65% + HC 35% + MF 300 gram + HP 1%		0.222	-38.23

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Untuk mengetahui pengaruh penggunaan *microfiber* dan *hyperplasticizer* terhadap kebutuhan air dalam campuran beton, dilakukan analisis data menggunakan perangkat lunak SPSS. Hasil dari analisis tersebut disajikan sebagai berikut :

Tabel 4.27 Hasil Signifikansi Penambahan Microfiber dan Hyperplasticizer terhadap Koreksi Air

Paired Samples Test									
		Paired Differences			95% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	FAS Lama - FAS Baru	.148667	.001528	.000882	.144872	.152461	168.572	2	<.001

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Untuk mengetahui pengaruh penggunaan *microfiber* dan *hyperplasticizer* terhadap nilai faktor air semen (FAS), dilakukan uji statistik menggunakan metode *Paired Sample T-Test*. Uji ini bertujuan untuk membandingkan nilai FAS sebelum dan sesudah penyesuaian akibat penambahan bahan tambah pada campuran beton. Berdasarkan hasil uji statistik pada **Tabel 4.27**, diperoleh nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar < 0.001 , yang lebih kecil dari taraf signifikansi 0.05. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat penambahan perbedaan yang signifikan secara statistik antara nilai FAS lama dan FAS baru setelah penambahan *microfiber* dan *hyperplasticizer*.

4.7 Analisis Data Pengujian Beton Segar

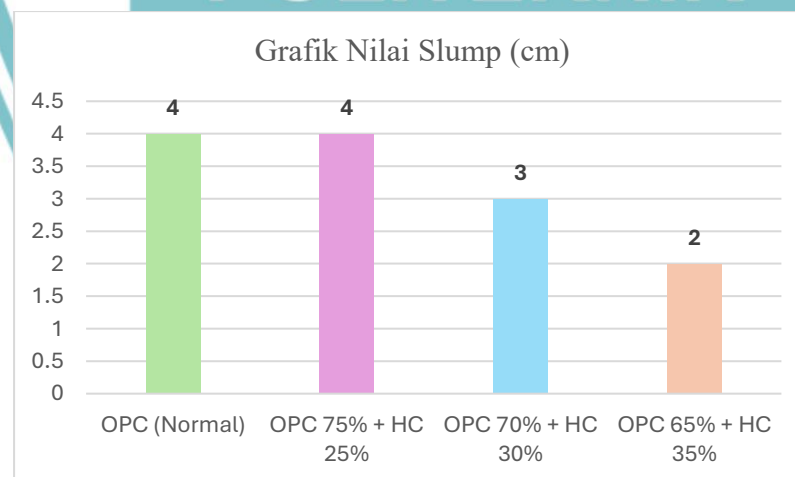
4.7.1 Pengujian Slump Test Beton Segar

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian slump pada setiap variasi dapat dilihat pada **Tabel 4.28**.

Tabel 4.28 Data Hasil Pengujian *Slump*

NO	Variasi Campuran	Slump (cm)	Presentase perubahan terhadap variasi (%)
1	OPC (Normal)	4	0
2	OPC 75% + HC 25%	4	0
3	OPC 70% + HC 30%	3	1
4	OPC 65% + HC 35%	2	2

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Gambar 4.7 Grafik Nilai Hasil Pengujian Slump

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

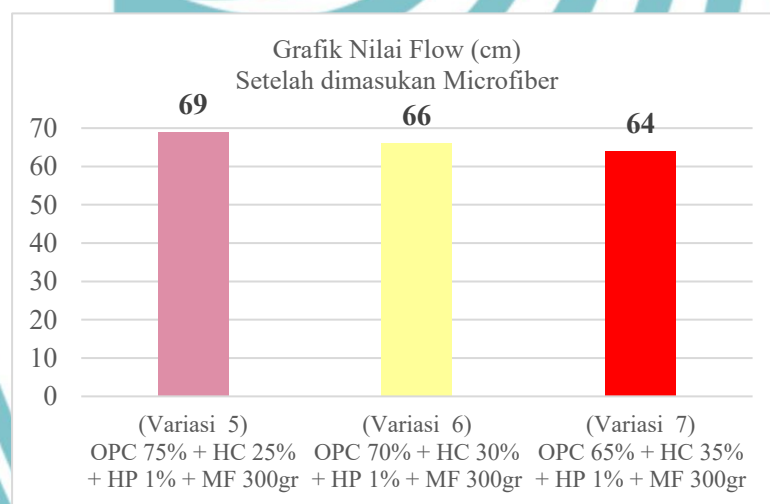
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.30 Data Hasil Pengujian *Slump Flow*

NO	Variasi Campuran	Diameter Flow (cm)		Slump (cm)	Keterangan
		d ₁	d ₂		
1	(Variasi 5) OPC 75% + HC 25% + HP 1% + MF 300gr	70	68	69	Slump Flow
2	(Variasi 6) OPC 70% + HC 30% + HP 1% + MF 300gr	68	64	66	Slump Flow
3	(Variasi 7) OPC 65% + HC 35% + HP 1% + MF 300gr	66	62	64	Slump Flow

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Gambar 4.8 Grafik Nilai Hasil Pengujian *Slump Flow*

Berdasarkan **Gambar 4.7**, hasil pengujian terhadap variasi OPC 100% serta variasi 2 dan 3 menunjukkan bahwa nilai slump yang diperoleh belum memenuhi rentang slump yang ditargetkan, yaitu 7,5–10 cm. Hal ini disebabkan karena campuran tersebut belum menggunakan bahan tambahan yang berfungsi untuk meningkatkan workability, seperti hyperplasticizer. Semen hidrolik dapat menurunkan nilai slump beton, yang menunjukkan bahwa workability campuran menjadi rendah jika tidak diimbangi dengan penggunaan bahan tambahan seperti hyperplasticizer.

Berdasarkan **Gambar 4.8** pengujian menggunakan jenis *slump* yang berbeda yaitu *Slump Flow*. Menurut (SNI 9024 : 2021) pengujian *slump flow* digunakan untuk memantau konsistensi dari beton segar dan potensi mengalir bebasnya. *Flowability*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

merupakan kemampuan campuran beton untuk mengalir kebagian cetakan secara keseluruhan dengan memanfaatkan berat dari beton itu sendiri. Menurut (BS EN 12350-9:2010) nilai slump flow yang memenuhi persyaratan berada dalam rentang 60–75 cm. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, seluruh sampel telah memenuhi kriteria tersebut.

Berdasarkan hasil pengujian *slump* yang sudah dilakukan dapat dilihat bahwa penambahan bahan tambah seperti *microfiber* dan *hyperplasticizer* dapat mempengaruhi *workability* terhadap campuran beton.

4.7.2 Pengujian Berat Isi Beton Segar

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian berat isi beton segar pada setiap variasi dapat dilihat pada **Tabel 4.31**.

Tabel 4.31 Data Hasil Pengujian Berat Isi Beton Segar

No	Variasi Campuran	Berat Bejana (kg)	Volume Bejana (m ³)	Berat Bejana + Air (kg)	Berat Bejana + Beton (kg)	Berat Beton (kg)	Berat Isi Beton (kg/m ³)
1	OPC (Normal)	1.160	0.005	6.461	13.87	12.710	2397.463
2	OPC 75% + HC 25%	1.160	0.005	6.461	13.64	12.480	2354.078
3	OPC 70% + HC 30%	1.160	0.005	6.461	13.43	12.270	2314.467
4	OPC 65% + HC 35%	1.160	0.005	6.461	13.25	12.090	2280.513
5	(Variasi 5) OPC 75% + HC 25% + MF 300 gram + HP 1%	1.160	0.005	6.461	13.67	12.510	2359.737
6	(Variasi 6) OPC 70% + HC 30% + MF 300 gram + HP 1%	1.160	0.005	6.461	13.79	12.630	2382.373
7	(Variasi 7) OPC 65% + HC 35% + MF 300 gram + HP 1%	1.160	0.005	6.461	13.84	12.680	2391.804

Sumber : Hasil Pengolahan Data

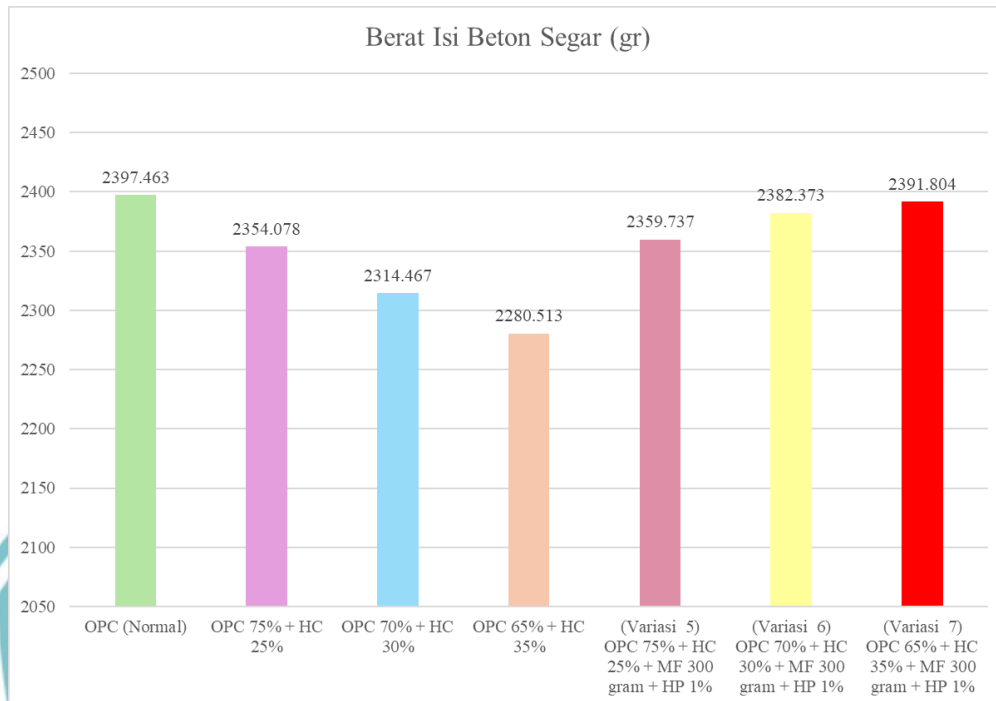
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.9 Grafik Nilai Hasil Pengujian Berat isi Beton Segar

Berdasarkan **Gambar 4.9**, dari hasil pengujian yang sudah dilakukan nilai berat isi mengalami penurunan pada saat penambahan bahan tambah seperti *microfiber* dan *hyperplasticizer* terhadap campuran beton. Nilai berat isi beton segar tanpa bahan tambah tertinggi terdapat pada variasi OPC 65% + HC 35% sebesar 2391,804 kg/m³.

Untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan tambah *microfiber* dan *hyperplasticizer* terhadap nilai berat isi beton segar, maka dilakukan analisis menggunakan *software* SPSS dengan menggunakan metode regresi linier seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.32 *Coefficients* Berat Isi Beton Segar

Coefficients ^a					
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	2395.637	25.404		<.,001
	HC	-2.623	.960	-.734	.052
	HYPERPLASTICIZER	61.009	21.649	.758	.048

a. Dependent Variable: BOBOT ISI

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan **Tabel 4.32** didapatkan nilai konstanta (a) sebesar 2395,637, nilai koefisien regresi (b1) sebesar -2,623, dan nilai koefisien regresi (b2) sebesar 61,009 sehingga dari hasil diatas dapat ditulis untuk persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$$

$$Y = 2395,637 + -2,623X_1 + 61,009X_2$$

Berdasarkan hasil persamaan regresi di atas, nilai konstanta sebesar 2395,637 menunjukkan nilai berat isi beton segar tanpa adanya pengaruh dari substitusi semen hidrolik, hyperplasticizer, maupun microfiber. Nilai ini dapat diartikan sebagai berat isi beton pada kondisi normal.

Nilai koefisien regresi X1 sebesar -2,623 menunjukkan bahwa setiap penambahan semen hidrolik (Hydraulic Cement) akan menyebabkan penurunan berat isi beton sebesar 2,623 gram. Artinya, semakin banyak semen hidrolik yang digunakan, maka berat isi beton akan semakin berkurang.

Sementara itu, nilai koefisien regresi X2 sebesar 61,009 berarti bahwa setiap penambahan hyperplasticizer sebesar 1% dapat meningkatkan berat isi beton sebesar 61,009 gram. Dengan kata lain, hyperplasticizer memberikan pengaruh positif terhadap berat isi beton.

Dari hasil uji signifikansi didapatkan :

- Nilai signifikansi untuk semen hidrolik adalah 0,052, yang lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh semen hidrolik terhadap berat isi beton tidak signifikan secara statistik.
- Sedangkan nilai signifikansi untuk hyperplasticizer adalah 0,048, yang lebih kecil dari 0,05. Ini menunjukkan bahwa hyperplasticizer berpengaruh signifikan terhadap berat isi beton.

Tabel 4.33 Summary Waktu Ikat Beton Segar

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.862 ^a	.743	.614	26.73079

a. Predictors: (Constant), HYPERPLASTICIZER, HC

b. Dependent Variable: BOBOT ISI

Berdasarkan Tabel Model Summary, nilai koefisien determinasi (R²) yang diperoleh adalah sebesar 0,743. Artinya, 74,3% perubahan bobot isi beton dapat dipengaruhi oleh penambahan *Hyperplasticizer* dan penggunaan *Hydraulic Cement*.

4.7.3 Pengujian Waktu Ikat Beton Segar

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian berat isi beton segar pada setiap variasi dapat dilihat pada **Tabel 4.34**.

Tabel 4.34 Data Hasil Pengujian Waktu Ikat Beton Segar

NO	Variasi Campuran	Waktu	Elapsed Time (Menit)	Penetration Resistance (Psi)
1	OPC (Normal)	14.00	0	0
		17.00	180	260
		17.30	210	440
		18.00	240	500
2	OPC 75% + HC 25%	11.30	0	0
		14.30	180	100
		15.00	210	220
		15.30	240	360
		16.00	270	500
3	OPC 70% + HC 30%	13.30	0	0
		16.30	180	100
		17.00	210	260
		17.30	240	440
		18.00	270	500
4	OPC 65% + HC 35%	14.30	0	0
		17.30	180	140
		18.00	210	240
		18.30	240	320
		19.00	270	440
5	(Variasi 4) OPC 75% + HC 25% + MF 300 gram + HP 1%	19.30	300	500
		15.44	0	0
		20.44	180	40
		21.14	210	60
		21.44	240	140
		22.14	270	180
		22.44	300	260
		23.14	330	320
		23.44	360	460
		00.14	390	500
6	(Variasi 5) OPC 70% + HC 30% + MF 300 gram + HP 1%	19.05	0	0
		19.35	180	60
		20.05	210	120
		20.35	240	160

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

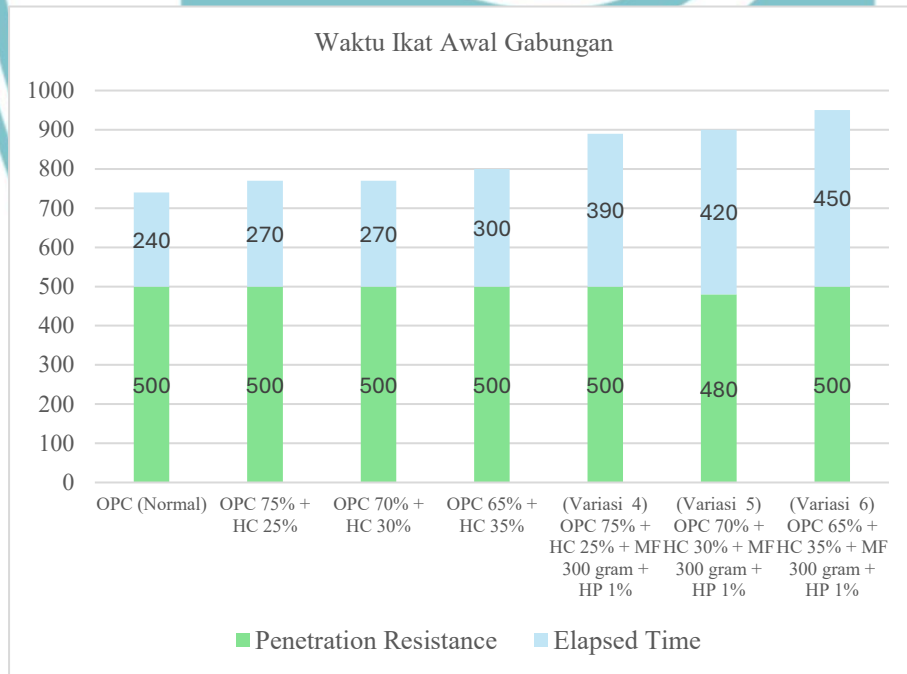
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

NO	Variasi Campuran	Waktu	Elapsed Time (Menit)	Penetration Resistance (Psi)
7	(Variasi 6) OPC 65% + HC 35% + MF 300 gram + HP 1%	21.05	270	240
		21.35	300	320
		22.05	330	380
		22.35	360	440
		23.05	390	480
		23.35	420	500
		17.30	0	0
		18.00	180	0
		18.30	210	10
		19.00	240	40
		19.30	270	70
		20.00	300	100
		20.30	330	120
		21.00	360	360
		21.30	390	440
		22.00	420	460
		22.30	450	500

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Gambar 4.10 Grafik Nilai Hasil Pengujian Waktu Ikat Beton Segar

Berdasarkan **Gambar 4.10** menunjukkan grafik hasil pengujian waktu ikat awal beton segar. Berdasarkan grafik tersebut, dapat terlihat bahwa penambahan bahan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

tambah *Microfiber* dan *Hyperplasticizer* kedalam campuran beton dapat memberikan pengaruh terhadap waktu ikat beton.

Penambahan microfiber dan hyperplasticizer dapat memperlambat waktu ikat beton. Hal ini disebabkan karena bahan tambah tersebut memiliki fungsi untuk menghambat ikatan awal, sehingga beton menjadi lebih encer (workable) dan waktu pengerasannya menjadi lebih lambat. Kondisi ini memungkinkan beton tetap dalam kondisi segar lebih lama sebelum mengalami pengikatan awal. Grafik menunjukkan bahwa semakin besar persentase semen hidrolik yang digunakan bersamaan dengan bahan tambah *Microfiber* dan *Hyperplasticizer*, maka waktu ikat awal cenderung semakin lama.

Untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan tambah *Microfiber* dan *Hyperplasticizer* terhadap waktu ikat awal beton segar, maka dilakukan analisis menggunakan *software* SPSS dengan menggunakan metode regresi linier seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.35 Coefficients Waktu Ikat Beton

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients			Standardized Coefficients	Sig.
	B	Std. Error	Beta	t	
1					
	(Constant)	230.806	16.790		<.001
	HC	1.742	.635	.250	.052
	HYPERPLASTICIZER	136.935	14.308	.873	<.001

a. Dependent Variable: WAKTU IKAT

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan Tabel 4.33 didapatkan nilai konstanta (a) sebesar 230,806, nilai koefisien regresi (b1) sebesar 1,742, dan nilai koefisien regresi (b2) sebesar 136,935 sehingga dari hasil diatas dapat ditulis untuk persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$$

$$Y = 230,806 + 1,742x_1 + 136,935x_2$$

Dari persamaan tersebut dapat dijelaskan bahwa:

Nilai konstanta sebesar 230,806 menunjukkan bahwa jika tidak ada penambahan bahan substitusi (HC) maupun bahan tambah (Hyperplasticizer), maka waktu ikat awal beton diperkirakan sebesar 230,806 menit.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Koefisien regresi HC sebesar 1,742 berarti bahwa setiap penambahan 1% Hydraulic Cement (HC) akan meningkatkan waktu ikat sebesar 1,742 menit. Namun, berdasarkan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,052, maka pengaruh HC terhadap waktu ikat tidak signifikan karena melebihi batas $> 0,05$.

Koefisien regresi Hyperplasticizer sebesar 136,935 menunjukkan bahwa setiap penambahan 1% Hyperplasticizer akan meningkatkan waktu ikat sebesar 136,935 menit. Nilai signifikansi variabel ini adalah $< 0,001$, yang berarti bahwa Hyperplasticizer memiliki pengaruh yang signifikan terhadap waktu ikat beton.

Tabel 4.36 Summary Waktu Ikat Beton

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.985 ^a	.970	.956	17.66626

Berdasarkan a. Predictors: (Constant), HYPERPLASTICIZER, HC²⁾ sebesar 0,970. Artinya, penambahan *Hyperplasticizer* dan penggunaan Semen Hidrolik dapat memberikan pengaruh terhadap waktu ikat sebesar 97%.

4.1. Analisa Data Pengujian Beton Keras

Data pada pengujian beton keras diperoleh pada saat benda uji berumur 7,14, 21, dan 28 hari. Berikut merupakan data yang diperoleh dari hasil pengujian untuk beton keras sebagai berikut :

4.6.1 Pengujian Kuat Tekan pada Beton

1. Kuat Tekan Umur 7 Hari

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian kuat tekan beton keras pada umur 14 hari dapat dilihat pada **Tabel 4.37**

Tabel 4.37 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Variasi Campuran	Sampel	L PenaMPang (mm2)	B (Kg)	Koreksi Hasil Tekan (KN)	Pmax (N)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata - Rata (MPa)
OPC (Normal)	1	17671.5	12.4	455	455000	25.748	27.86
	2	17671.5	12.5	507	507000	28.690	
	3	17671.5	12.4	515	515000	29.143	
(Variasi 1) OPC 75% + HC	1	17671.5	13.2	582	582000	32.934	31.66
	2	17671.5	13.2	537	537000	30.388	

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

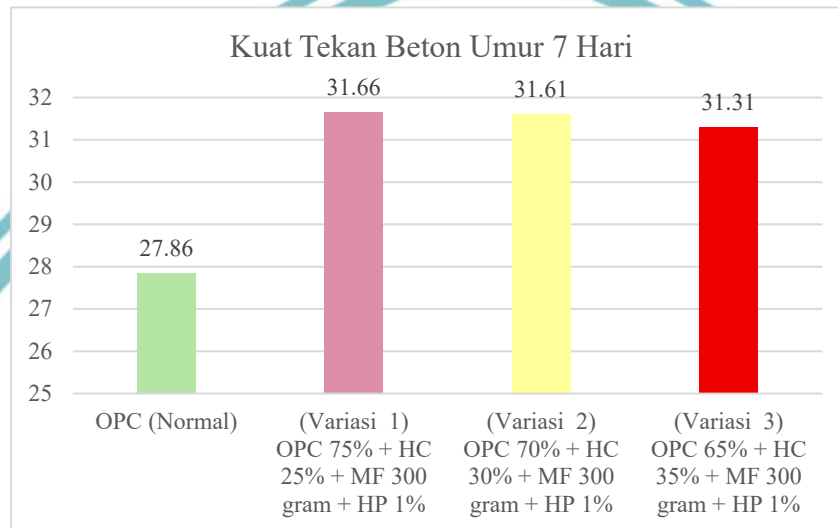
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

25% + MF 300 gram + HP 1%	3	17671.5	13.4	525	525000	29.7089	
(Variasi 2)	1	17671.5	12.6	580	580000	32.821	
OPC 70% + HC 30% + MF 300 gram + HP 1%	2	17671.5	12.8	531	531000	30.048	31.61
	3	17671.5	12.6	565	565000	31.9725	
(Variasi 3)	1	17671.5	12.2	526	526000	29.766	
OPC 65% + HC 35% + MF 300 gram + HP 1%	2	17671.5	12.4	580	580000	32.821	31.31
	3	17671.5	12.2	554	554000	31.35	

Sumber : Hasil pengolahan data



Gambar 4.11 Grafik Nilai Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari
(Sumber : hasil pengolahan data)

Berdasarkan grafik hasil pengujian pada **Gambar 4.11**, didapati nilai kuat tekan beton umur 7 hari pada variasi beton normal (OPC) sebesar 27,86 MPa. Pada beton dengan variasi 1 yaitu OPC 75% + HC 25% + MF 300 gram + HP 1%, nilai kuat tekan mencapai 31,66 MPa, meningkat secara signifikan dibanding beton normal.

Selanjutnya, variasi 2 dan variasi 3 mengalami penurunan akibat pengaruh substitusi semen hidrolik. Dapat disimpulkan bahwa seluruh variasi campuran dengan penambahan *Hydraulic Cement (HC)*, *Macrofiber (MF)*, dan *Hyperplasticizer (HP)* memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kuat tekan beton umur 7 hari. Variasi 1 memberikan hasil paling optimal dengan kuat tekan tertinggi yaitu 31,66 MPa.

Untuk mengetahui besarnya pengaruh penambahan *Hydraulic Cement (HC)*, *Macrofiber (MF)*, dan *Hyperplasticizer (HP)* terhadap kuat tekan beton, dilakukan pengujian dengan SPSS sebagai berikut :

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.38 *Coefficients* Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	27.860	.102	272.971	.002
	HC	-.035	.014	-.296	.249
	HYPERPLASTICIZER	4.717	.449	1.282	.060

a. Dependent Variable: KUAT TEKAN

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan Tabel *Coefficients*, diperoleh nilai konstanta sebesar 27,860, nilai koefisien regresi untuk *HC (Hydraulic Cement)* sebesar -0,035, dan nilai koefisien regresi untuk *Hyperplasticizer* sebesar 4,717. Maka dari itu, persamaan regresi linier untuk memprediksi kuat tekan beton umur 7 hari dapat dituliskan sebagai :

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$$

$$Y = 27,860 + -0,035x_1 + 4,717x_2$$

Berdasarkan persamaan diatas, dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai konstanta (27,860) menunjukkan bahwa jika tidak ada penambahan *HC* maupun *Hyperplasticizer*, maka kuat tekan beton diperkirakan sebesar 27,860 MPa, yang merupakan kuat tekan beton normal (kontrol).
2. Koefisien regresi *HC* sebesar -0,035 berarti setiap penambahan 1% *Hydraulic Cement (HC)* justru menurunkan kuat tekan beton sebesar 0,035 MPa. Hal ini diperkuat dengan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,002 yang lebih kecil dari 0,05, sehingga pengaruh *HC* terhadap kuat tekan beton signifikan secara statistik, walaupun arah pengaruhnya negatif.
3. Koefisien regresi *Hyperplasticizer* sebesar 4,717 menunjukkan bahwa setiap penambahan 1% *Hyperplasticizer* akan meningkatkan kuat tekan beton sebesar 4,717 MPa. Nilai signifikansi untuk variabel ini adalah < 0,001, sehingga dapat disimpulkan bahwa *Hyperplasticizer* memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap kuat tekan beton umur 7 hari.

Tabel 4.39 *Summary* Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.999 ^a	.999	.997	.10206

a. Predictors: (Constant), HYPERPLASTICIZER, HC

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan Tabel *Model Summary*, diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,999. Artinya, penambahan *Hyperplasticizer* dan penggunaan Semen Hidrolik dapat memberikan pengaruh terhadap waktu ikat beton sebesar 99,9%.

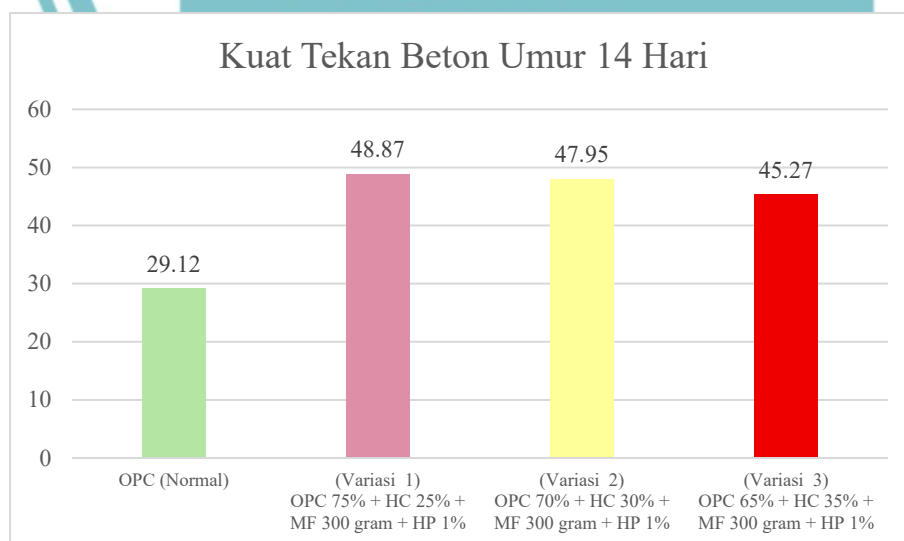
2. Kuat Tekan Umur 14 Hari

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian kuat tekan beton keras pada umur 14 hari dapat dilihat pada **Tabel 4.38**.

Tabel 4.40 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Variasi Campuran	Sampel	L PenaMPang (mm ²)	B (Kg)	Koreksi Hasil Tekan (KN)	Pmax (N)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata - Rata (MPa)
OPC (Normal)	1	17671.5	12.4	535	535000	30.275	29.12
	2	17671.5	12.5	485	485000	27.445	
	3	17671.5	12.6	524	524000	29.652	
(Variasi 1) OPC 75% + HC 25% + MF 300 gram + HP 1%	1	17671.5	12.9	855	855000	48.383	48.87
	2	17671.5	13.1	872	872000	49.345	
	3	17671.5	13.4	864	864000	48.8924	
(Variasi 2) OPC 70% + HC 30% + MF 300 gram + HP 1%	1	17671.5	13	830	830000	46.968	47.95
	2	17671.5	13.2	845	845000	47.817	
	3	17671.5	13.2	867	867000	49.0622	
(Variasi 3) OPC 65% + HC 35% + MF 300 gram + HP 1%	1	17671.5	13.8	825	825000	46.685	45.27
	2	17671.5	13.5	775	775000	43.856	
	3	17671.5	13.6	890	890000	50.3637	

Sumber : Hasil pengolahan data



Gambar 4.12 Grafik Nilai Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari
(Sumber : hasil pengolahan data)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan grafik hasil pengujian pada **Gambar 4.12**, didapati nilai kuat tekan beton umur 14 hari pada variasi beton normal (OPC) sebesar 29,12 MPa. Pada beton dengan variasi 1 yaitu OPC 75% + HC 25% + MF 300 gram + HP 1%, nilai kuat tekan mencapai 48,87 MPa, meningkat secara signifikan dibanding beton normal.

Selanjutnya, variasi 2 dan variasi 3 mengalami penurunan akibat pengaruh substitusi semen hidrolik. Dapat disimpulkan bahwa seluruh variasi campuran dengan penambahan *Hydraulic Cement (HC)*, *Macrofiber (MF)*, dan *Hyperplasticizer (HP)* memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kuat tekan beton umur 14 hari. Variasi 1 memberikan hasil paling optimal dengan kuat tekan tertinggi yaitu 48,87 MPa.

Untuk mengetahui besarnya pengaruh penambahan *Hydraulic Cement (HC)*, *Macrofiber (MF)*, dan *Hyperplasticizer (HP)* terhadap kuat tekan beton, dilakukan pengujian dengan SPSS sebagai berikut :

Tabel 4.41 *Coefficients* Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Coefficients ^a					
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	29.120	.719		.016
	HC	-.360	.102	-.605	.175
	HYPERPLASTICIZER	29.043	3.159	1.570	.069

a. Dependent Variable: KUAT TEKAN

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan *Tabel Coefficients*, diperoleh nilai konstanta sebesar 29,120, nilai koefisien regresi untuk *HC (Hydraulic Cement)* sebesar -0,360, dan nilai koefisien regresi untuk *Hyperplasticizer* sebesar 29,043. Maka dari itu, persamaan regresi linier untuk memprediksi kuat tekan beton umur 7 hari dapat dituliskan sebagai :

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$$

$$Y = 29,120 + -0,360x_1 + 29,043x_2$$

Berdasarkan persamaan diatas, dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai konstanta (29,120) menunjukkan bahwa jika tidak ada penambahan *HC* maupun *Hyperplasticizer*, maka kuat tekan beton diperkirakan sebesar 29,120 MPa, yang merupakan kuat tekan beton normal (kontrol).

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Koefisien regresi HC sebesar -0,360 berarti setiap penambahan 1% *Hydraulic Cement (HC)* justru menurunkan kuat tekan beton sebesar 0,360 MPa. Hal ini diperkuat dengan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,016 yang lebih kecil dari 0,05, sehingga pengaruh HC terhadap kuat tekan beton signifikan secara statistik, walaupun arah pengaruhnya negatif.
3. Koefisien regresi *Hyperplasticizer* sebesar 29,043 menunjukkan bahwa setiap penambahan 1% *Hyperplasticizer* akan meningkatkan kuat tekan beton sebesar 29,043 MPa. Nilai signifikansi untuk variabel ini adalah 0,069, sehingga dapat disimpulkan bahwa *Hyperplasticizer* memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap kuat tekan beton umur 14 hari.

Tabel 4.42 *Summary* Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.999 ^a	.998	.994	.71852

a. Predictors: (Constant), HYPERPLASTICIZER, HC

Berdasarkan Tabel *Model Summary*, diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,999. Artinya, penambahan Hyperplasticizer dan penggunaan Semen Hidrolik dapat memberikan pengaruh terhadap kuat sebesar 99,9%.

3. Kuat Tekan Umur 21 Hari

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian kuat tekan beton keras pada umur 21 hari dapat dilihat pada **Tabel 4.43**.

Tabel 4.43 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari

Variasi Campuran	Sampel	L PenaMPang (mm ²)	B (Kg)	Koreksi Hasil Tekan (KN)	Pmax (N)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata - Rata (MPa)
OPC (Normal)	1	17671.5	12.4	485	485000	27.445	25.75
	2	17671.5	12.5	425	425000	24.050	
	3	17671.5	12.4	445	445000	25.1818	
(Variasi 1) OPC 75% + HC 25% + MF 300 gram + HP 1%	1	17671.5	12.4	986	986000	55.796	55.06
	2	17671.5	12.6	960	960000	54.325	
	3	17671.5	12.2	972	972000	55.0039	
	1	17671.5	12.4	974	974000	55.117	54.78

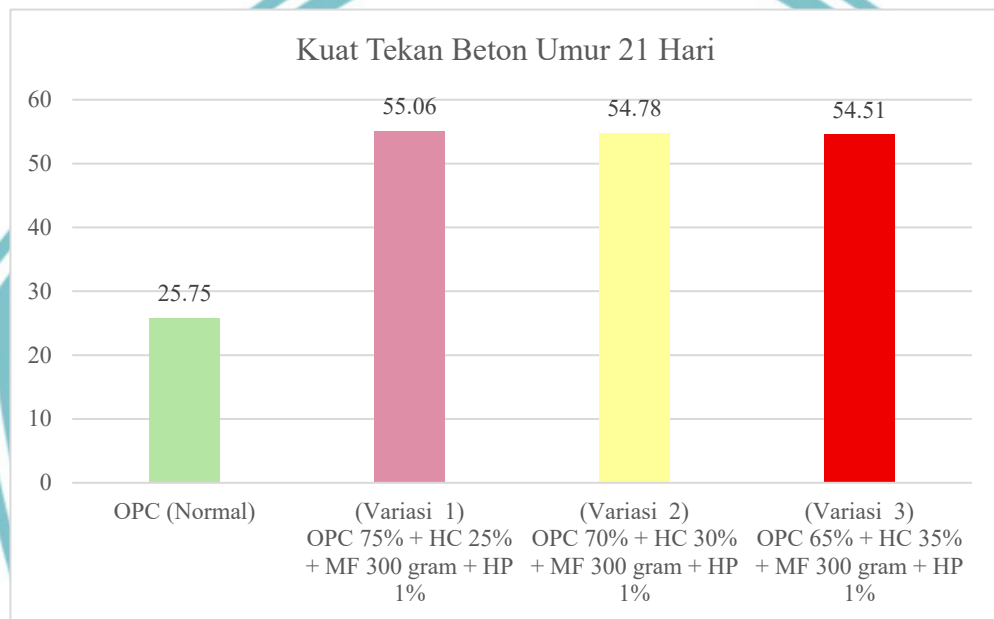
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(Variasi 2) OPC 70% + HC 30% + MF 300 gram + HP 1%	2	17671.5	12.6	962	962000	54.438
(Variasi 3) OPC 65% + HC 35% + MF 300 gram + HP 1%	1	17671.5	12.4	975	975000	55.174
	2	17671.5	12.6	955	955000	54.042
	3	17671.5	12.6	960	960000	54.325

54.51

Sumber : Hasil pengolahan data



Gambar 4.13 Grafik Nilai Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari
(Sumber : hasil pengolahan data)

Berdasarkan grafik hasil pengujian pada **Gambar 4.13**, didapati nilai kuat tekan beton umur 21 hari pada variasi beton normal (OPC) sebesar 25,75 MPa. Pada beton dengan variasi 1 yaitu OPC 75% + HC 25% + MF 300 gram + HP 1%, nilai kuat tekan mencapai 55,06 MPa, meningkat secara signifikan dibanding beton normal.

Selanjutnya, variasi 2 dan variasi 3 mengalami penurunan akibat pengaruh substitusi semen hidrolik. Dapat disimpulkan bahwa seluruh variasi campuran dengan penambahan *Hydraulic Cement (HC)*, *Macrofiber (MF)*, dan *Hyperplasticizer (HP)* memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kuat tekan beton umur 7 hari. Variasi 1 memberikan hasil paling optimal dengan kuat tekan tertinggi yaitu 55,06 MPa.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Untuk mengetahui besarnya pengaruh penambahan *Hydraulic Cement (HC)*, *Macrofiber (MF)*, dan *Hyperplasticizer (HP)* terhadap kuat tekan beton, dilakukan pengujian dengan SPSS sebagai berikut :

Tabel 4.44 *Coefficients* Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	25.750	.004	6307.436	<.001
	HC	-.055	.001	-.059	.007
	HYPERPLASTICIZER	30.683	.018	1.057	<.001

a. Dependent Variable: KUAT TEKAN

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan *Tabel Coefficients*, diperoleh nilai konstanta sebesar 25,750, nilai koefisien regresi untuk *HC (Hydraulic Cement)* sebesar -0,055, dan nilai koefisien regresi untuk *Hyperplasticizer* sebesar 30,683. Maka dari itu, persamaan regresi linier untuk memprediksi kuat tekan beton umur 21 hari dapat dituliskan sebagai :

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$$

$$Y = 25,750 + -0,055x_1 + 30,683x_2$$

Berdasarkan persamaan diatas, dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai konstanta (25,750) menunjukkan bahwa jika tidak ada penambahan *HC* maupun *Hyperplasticizer*, maka kuat tekan beton diperkirakan sebesar 25,750 MPa, yang merupakan kuat tekan beton normal (kontrol).
2. Koefisien regresi *HC* sebesar -0,055 berarti setiap penambahan 1% *Hydraulic Cement (HC)* justru menurunkan kuat tekan beton sebesar 0,055 MPa. Hal ini diperkuat dengan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,007 yang lebih kecil dari 0,05, sehingga pengaruh *HC* terhadap kuat tekan beton signifikan secara statistik, walaupun arah pengaruhnya negatif.
3. Koefisien regresi *Hyperplasticizer* sebesar 30,683 menunjukkan bahwa setiap penambahan 1% *Hyperplasticizer* akan meningkatkan kuat tekan beton sebesar 30,683 MPa. Nilai signifikansi untuk variabel ini adalah < 0,001, sehingga dapat disimpulkan bahwa *Hyperplasticizer* memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap kuat tekan beton umur 21 hari.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.45 Summary Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari

Model Summary ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	1.000 ^a	1.000	1.000	.00408

a. Predictors: (Constant), HYPERPLASTICIZER, HC

b. Dependent Variable: KUAT TEKAN

Berdasarkan Tabel *Model Summary*, diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 1,000. Artinya, penambahan Hyperplasticizer dan penggunaan Semen Hidrolik dapat memberikan pengaruh terhadap kuat sebesar 100%.

4. Kuat Tekan Umur 28 Hari

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian kuat tekan beton keras pada umur 28 hari dapat dilihat pada **Tabel 4.39**.

Tabel 4.46 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Variasi Campuran	Sampel	L PenaMPang (mm ²)	B (Kg)	Koreksi Hasil Tekan (KN)	Pmax (N)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata - Rata (MPa)
OPC (Normal)	1	17671.5	12.8	517	517000	29.256	29.82
	2	17671.5	12.7	524	524000	29.652	
	3	17671.5	12.9	540	540000	30.558	
OPC 75% + HC 25%	1	17671.5	13.1	530	530000	29.992	29.43
	2	17671.5	12.9	510	510000	28.860	
	3	17671.5	12.8	520	520000	29.426	
OPC 70% + HC 30%	1	17671.5	13.2	510	510000	28.860	28.11
	2	17671.5	13.3	485	485000	27.445	
	3	17671.5	13.6	495	495000	28.011	
OPC 65% + HC 35%	1	17671.5	13.2	505	505000	28.577	27.31
	2	17671.5	13.2	475	475000	26.880	
	3	17671.5	12.8	468	468000	26.483	
(Variasi 1) OPC 75% + HC 25% + MF 300 gram + HP 1%	1	17671.5	13.3	1200	1200000	67.906	67.49
	2	17671.5	13.5	1196	1196000	67.680	
	3	17671.5	13.4	1182	1182000	66.888	
(Variasi 2) OPC 70% + HC 30% + MF 300	1	17671.5	13.3	1140	1140000	64.511	61.66
	2	17671.5	13.4	1047	1047000	59.248	
	3	17671.5	13.4	1082	1082000	61.229	

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

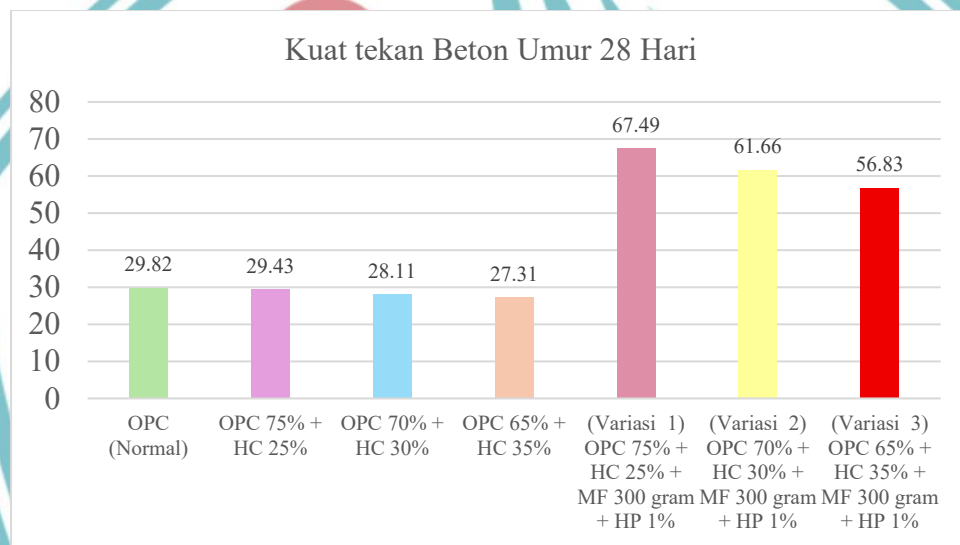
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Variasi Campuran	Sampel	L PenaMPang (mm ²)	B (Kg)	Koreksi Hasil Tekan (KN)	Pmax (N)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata - Rata (MPa)
gram + HP 1%							
(Variasi 3)	1	17671.5	13.4	1045	1045000	59.135	56.83
OPC 65% + HC 35% + MF 300 gram + HP 1%	2	17671.5	13.6	992	992000	56.136	
	3	17671.5	13.5	976	976000	55.230	

Sumber : Hasil pengolahan data



Gambar 4.14 Grafik Nilai Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari
(Sumber : hasil pengolahan data)

Berdasarkan grafik hasil pengujian pada **Gambar 4.14**, didapati nilai kuat tekan beton umur 28 hari pada variasi beton normal (OPC) sebesar 29,82 MPa. Pada beton dengan variasi 1 yaitu OPC 75% + HC 25% nilai kuat tekan mencapai 67,49 MPa, meningkat secara signifikan dibanding beton normal.

Selanjutnya, variasi 2 dan variasi 3 mengalami penurunan akibat pengaruh substitusi semen hidrolik. Dapat disimpulkan bahwa seluruh variasi campuran dengan penambahan *Hydraulic Cement (HC)*, *Macrofiber (MF)*, dan *Hyperplasticizer (HP)* memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kuat tekan beton umur 28 hari. Variasi 1 memberikan hasil paling optimal dengan kuat tekan tertinggi yaitu 67,49 MPa.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh bahwa beton dengan variasi OPC 75% dan HC 25% yang ditambahkan bahan tambah berupa Hyperplasticizer dan Microfiber mampu mencapai kuat tekan sebesar 29,43 MPa pada umur 28 hari. Nilai ini menunjukkan peningkatan performa dibandingkan dengan beton normal (OPC 100%) yang hanya mencapai kuat tekan sebesar 29,82 MPa. Peningkatan tersebut mengindikasikan bahwa substitusi sebagian semen Portland dengan semen hidrolik (HC) serta penggunaan bahan tambah berkontribusi terhadap peningkatan karakteristik mekanik beton. Temuan ini diperkuat oleh hasil penelitian (Al Fajri, 2024) yang menunjukkan bahwa penambahan Macro Fiber PP50 (0,3%), Micro Fiber (0,15%), dan Hyperplasticizer (1,5%) secara signifikan meningkatkan kuat tekan beton berbasis PCC hingga 35,49 MPa, dibandingkan beton tanpa bahan tambah yang hanya mencapai 30,12 MPa. Selain peningkatan kuat tekan, kombinasi bahan tambah tersebut juga memberikan ketahanan terhadap retak susut, yang sangat penting bagi keberlanjutan performa beton mutu tinggi. Kedua hasil penelitian ini menunjukkan bahwa modifikasi campuran beton melalui kombinasi bahan tambah dan substitusi semen dapat memberikan dampak positif terhadap kekuatan dan durabilitas beton.

Untuk mengetahui besarnya pengaruh penambahan *Hydraulic Cement (HC)*, *Macrofiber (MF)*, dan *Hyperplasticizer (HP)* terhadap kuat tekan beton, dilakukan pengujian dengan SPSS sebagai berikut :

Tabel 4.47 *Coefficients* Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Coefficients ^a					
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	31.526	3.311		9.523
	HC	-.127	.125	-.085	1.015
	HYPERPLASTICIZER	34.279	2.821	1.012	12.151

a. Dependent Variable: KUAT TEKAN

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan *Tabel Coefficients*, diperoleh nilai konstanta sebesar 31,526, nilai koefisien regresi untuk *HC (Hydraulic Cement)* sebesar -0,127, dan nilai koefisien regresi untuk *Hyperplasticizer* sebesar 34,279. Maka dari itu, persamaan regresi linier untuk memprediksi kuat tekan beton umur 7 hari dapat dituliskan sebagai :

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$$

$$Y = 31,526 + -0,127x_1 + 34,279x_2$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan persamaan diatas, dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai konstanta sebesar 31,526 menunjukkan bahwa apabila tidak terdapat penambahan HC maupun Hyperplasticizer, maka kuat tekan beton diperkirakan sebesar 31,526 MPa.
2. Koefisien regresi HC sebesar -0,127 berarti bahwa setiap penambahan 1% Hydraulic Cement (HC) akan menurunkan kuat tekan beton sebesar 0,127 MPa. Namun, berdasarkan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,367 yang lebih besar dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh HC terhadap kuat tekan beton tidak signifikan secara statistik.
3. Koefisien regresi Hyperplasticizer sebesar 34,279 menunjukkan bahwa setiap penambahan 1% Hyperplasticizer akan meningkatkan kuat tekan beton sebesar 34,279 MPa. Nilai signifikansi variabel ini adalah $< 0,001$, sehingga dapat disimpulkan bahwa Hyperplasticizer memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap peningkatan kuat tekan beton umur 28 hari

Tabel 4.48 Summary Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Model Summary ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.988 ^a	.975	.963	3.48336

a. Predictors: (Constant), HYPERPLASTICIZER, HC
b. Dependent Variable: KUAT TEKAN

Berdasarkan Tabel *Model Summary*, diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,975. Artinya, penambahan Hyperplasticizer dan penggunaan Semen Hidrolik dapat memberikan pengaruh terhadap kuat sebesar 97,5%.

5. Mengkonversi Hasil Kuat Tekan Beton Umur 7,14,21 Hari untuk Mengetahui Karakteristik Beton

Untuk mengetahui karakteristik benda uji pada umur 7, 14, dan 21 hari, perlu dilakukan konversi kuat tekan beton ke umur 28 hari. Setelah itu, dapat dihitung standar deviasi untuk mengetahui apakah komposisi campuran memerlukan kontrol mutu atau tidak. Perhitungan konversi dilakukan dengan membagi hasil kuat tekan beton dengan angka konversi yang tercantum pada tabel berikut.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.49 Angka Konversi Beton ke Umur 28 Hari

Umur Beton (Hari)	Angka Konversi
3	0,46
7	0,70
14	0,88
21	0,96
28	1,00

Sumber : (SNI 1974, 2011)

Berikut adalah tabel hasil konversi kuat tekan beton umur 7,14,21 hari ke 28 hari :

Tabel 4.50 Rekapitulasi Konversi Kuat Tekan Beton ke Umur 28 Hari

Variasi Campuran	Sampel	Konversi Kuat Tekan 7 ke 28 Hari	Konversi Kuat Tekan 14 ke 28 Hari	Konversi Kuat Tekan 21 ke 28 Hari	Kuat Tekan Umur 28 Hari	Rata Rata	Memenuhi syarat/tidak
OPC (Normal)	1	36.60	34.38	28.56	29.256	32.27	Tidak Memenuhi
	2	40.78	31.17	25.02	29.652		
	3	41.42	33.68	26.20	30.558		
OPC 75% + HC 25%	1				29.992	29.43	Tidak Memenuhi
	2				28.860		
	3				29.426		
OPC 70% + HC 30%	1				28.860	28.11	Tidak Memenuhi
	2				27.445		
	3				28.011		
OPC 65% + HC 35%	1				28.577	27.31	Tidak Memenuhi
	2				26.880		
	3				26.483		
(Variasi 1) OPC 75% + HC 25% + MF 300 gram + HP 1%	1	46.81	54.95	58.05	67.906	56.09	Tidak Memenuhi
	2	43.19	56.04	56.52	67.680		
	3	42.23	55.53	57.23	66.888		
(Variasi 2) OPC 70% + HC 30% + MF 300 gram + HP 1%	1	46.65	53.34	57.35	64.511	54.51	Tidak Memenuhi
	2	42.71	54.31	56.64	59.248		
	3	45.45	55.72	56.99	61.229		
(Variasi 3) OPC 65% + HC 35% + MF 300 gram + HP 1%	1	42.31	53.02	57.41	59.135	52.85	Tidak Memenuhi
	2	46.65	49.81	56.23	56.136		
	3	44.56	57.20	56.52	55.230		

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Kekuatan tekan rata rata ($f_c'r$) yang ditargetkan untuk benda uji < 15 dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$f_c'r = f_c' + 12 \text{ MPa}$$

Keterangan :

$f_c'r$ = Kuat tekan beton rencana minimum yang harus dicapai di lapangan

f_c' = Kuat tekan beton yang direncanakan dalam desain

Sehingga diperoleh nilai kuat tekan beton rencana minimum yang harus dicapai dilapangan sebagai berikut :

$$f_c'r = f_c' + 12 \text{ MPa}$$

$$f_c'r = 55 + 12 \text{ MPa}$$

$$f_c'r = 67 \text{ MPa}$$

Berdasarkan rekapitulasi perhitungan pada Tabel 4.47 seluruh variasi campuran tidak mencapai kuat tekan rencana yang ditargetkan.

4.6.2 Pengujian Kuat Lentur pada Beton

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian kuat lentur beton keras pada umur 28 hari dapat dilihat pada **Tabel 4.51**.

Tabel 4.51 Data Hasil Pengujian Kuat Lentur pada Beton

Variasi Campuran	Sampel	Jarak Tumpuan (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	B (Kg)	Koreksi (KN)	Beban Maks (N)	Kuat Lentur (Mpa)	Kuat Lentur Rata-rata (Mpa)
OPC (Normal)	1	450	150	150	31.8	27	27000	3.600	3.64
	2	450	150	150	32.2	28	28000	3.733	
	3	450	150	150	32.3	27	27000	3.600	
OPC 75% + HC 25%	1	450	150	150	32.3	28	28000	3.733	3.73
	2	450	150	150	32.5	26	26000	3.467	
	3	450	150	150	32.3	30	30000	4.000	
OPC 70% + HC 30%	1	450	150	150	32.1	26	26000	3.467	3.42
	2	450	150	150	32.4	27	27000	3.600	
	3	450	150	150	32.5	24	24000	3.200	
OPC 65% + HC 35%	1	450	150	150	32.3	24	24000	3.200	3.24
	2	450	150	150	32.4	23	23000	3.067	
	3	450	150	150	32.7	26	26000	3.467	
(Variasi 1)	1	450	150	150	32.8	36	36000	4.800	4.67
OPC 75% + HC 25% + MF 300 gram + HP 1%	2	450	150	150	32.6	34	34000	4.533	
	3	450	150	150	32.6	35	35000	4.667	

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

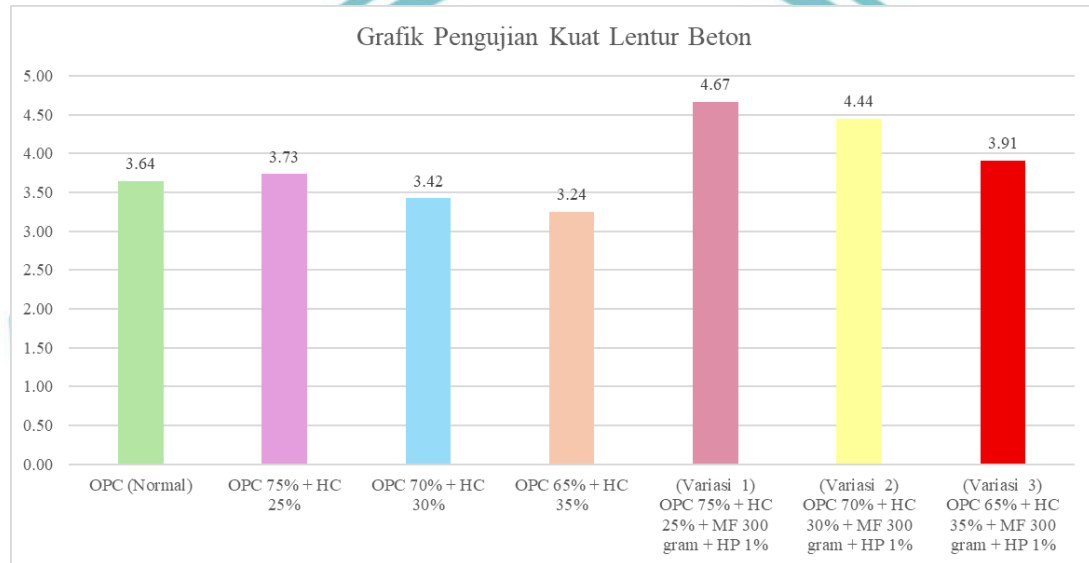
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(Variasi 2) OPC 70% + HC 30% + MF 300 gram + HP 1%	1	450	150	150	32.6	35	35000	4.667	4.44
	2	450	150	150	32.4	33	33000	4.400	
	3	450	150	150	32.3	32	32000	4.267	
(Variasi 3) OPC 65% + HC 35% + MF 300 gram + HP 1%	1	450	150	150	32.7	31	31000	4.133	3.91
	2	450	150	150	32.5	28	28000	3.733	
	3	450	150	150	32.7	29	29000	3.867	

Sumber : Hasil pengolahan data



Gambar 4.15 Grafik Nilai Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari
(Sumber : hasil pengolahan data)

Berdasarkan **Gambar 4.15** hasil pengujian kuat lentur rata-rata beton pada umur 28 hari, variasi OPC 100% (Normal) menunjukkan kuat lentur sebesar 3,64 MPa. Sementara itu, nilai kuat lentur tertinggi pada umur 28 hari terdapat pada variasi OPC 75% + HC 25% + Microfiber 300 gram + Hyperplasticizer 1% yang memperoleh kuat lentur sebesar 4,67 MPa. Sedangkan variasi OPC 70% + HC 30% + Microfiber 300 gram + Hyperplasticizer 1% mendapatkan kuat lentur sebesar 4,44 MPa, dan variasi OPC 65% + HC 35% + Microfiber 300 gram + Hyperplasticizer 1% sebesar 3,91 MPa.

Berdasarkan grafik di atas memperlihatkan bahwa nilai kuat lentur maksimum tercapai pada variasi OPC 75% + HC 25% + Microfiber 300 gram + Hyperplasticizer 1%.

Hasil pengujian yang telah memenuhi nilai teoritis yang diberikan ACI sebesar $0,62 \sqrt{f_c'} = 0,62 \sqrt{55} \approx 4,598$ MPa, hanya tercapai pada variasi OPC 75% + HC 25% + Microfiber 300 gram + Hyperplasticizer 1% dan menunjukkan bahwa penggunaan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

serat dan bahan tambah dapat meningkatkan kuat lentur beton jika dibandingkan dengan variasi beton OPC 100% (Normal). Serat Microfiber berperan dalam membantu menahan penyebaran retak mikro dalam beton, sehingga kuat lentur meningkat secara signifikan.

Untuk mengetahui pengaruh penambahan semen hidrolik dan bahan tambah terhadap kuat lentur beton dilakukan analisis menggunakan SPSS sebagai berikut :

Tabel 4.52 *Coefficients* Kuat Lentur pada Beton

Coefficients ^a					
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	
		B	Std. Error	Beta	t
1	(Constant)	5.078	.356		14.273
	HC	-.018	.013	-.305	-1.307
	HYPERPLASTICIZER	1.236	.303	.952	4.077
					Sig.
					<.001
					.261
					.015

a. Dependent Variable: KUAT LENTUR

Berdasarkan Tabel *Coefficients* didapatkan nilai konstanta (a) sebesar 5,078, nilai koefisien regresi HC sebesar -0,018, dan nilai koefisien regresi Hyperplasticizer sebesar 1,236, sehingga dari hasil di atas dapat ditulis persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$$

$$Y = 5,078 + -0,018x_1 + 1,236x_2$$

Dari persamaan tersebut dapat dijelaskan bahwa:

- Nilai konstanta sebesar 5,078 menunjukkan bahwa jika tidak ada penambahan bahan substitusi (HC) maupun bahan tambah (*Hyperplasticizer*), maka kuat lentur beton diperkirakan sebesar 5,078 MPa.
- Koefisien regresi HC sebesar -0,018 berarti bahwa setiap penambahan 1% *Hydraulic Cement (HC)* justru cenderung menurunkan kuat lentur sebesar 0,018 MPa. Namun, berdasarkan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,261, maka pengaruh HC terhadap kuat lentur tidak signifikan karena melebihi batas > 0,05.
- Koefisien regresi *Hyperplasticizer* sebesar 1,236 menunjukkan bahwa setiap penambahan 1% *Hyperplasticizer* akan meningkatkan kuat lentur beton sebesar 1,236 MPa. Nilai signifikansi variabel ini adalah 0,015, yang berarti

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

bahwa *Hyperplasticizer* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat lentur beton.

Tabel 4.53 Summary Kuat Lentur pada Beton

Model Summary ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.898 ^a	.806	.709	.37437

Berdasarkan a. Predictors: (Constant), HYPERPLASTICIZER, HC

diperoleh b. Dependent Variable: KUAT LENTUR

Hyperplasticizer dan penggunaan Semen Hidrolik dapat memberikan pengaruh terhadap kuat lentur sebesar 80,6%.

l Summary,

penambahan

4.6.3 Pengujian Kuat Tarik Belah pada Beton

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian kuat lentur beton keras pada umur 28 hari dapat dilihat pada **Tabel 4.54**.

Tabel 4.54 Data Hasil Pengujian Kuat Lentur pada Beton

Variasi Campuran	Sampe l	L PenaMPan g (mm2)	B (Kg)	Koreks i (KN)	P (N)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata- rata (MPa)
OPC (Normal)	1	141300	12.8	168	16800 0	1.189	1.29
	2	141300	12.7	200	20000 0	1.415	
	3	141300	12.7	178	17800 0	1.260	
OPC 75% + HC 25%	1	141300	12.6	183	18300 0	1.295	1.30
	2	141300	12.4	186	18600 0	1.316	
	3	141300	12.2	184	18400 0	1.302	
OPC 70% + HC 30%	1	141300	12.5	184	18400 0	1.302	1.28
	2	141300	12.6	186	18600 0	1.316	
	3	141300	12.6	172	17200 0	1.217	
OPC 65% + HC 35%	1	141300	13.3	167	16700 0	1.182	1.21
	2	141300	13.4	176	17600 0	1.246	

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

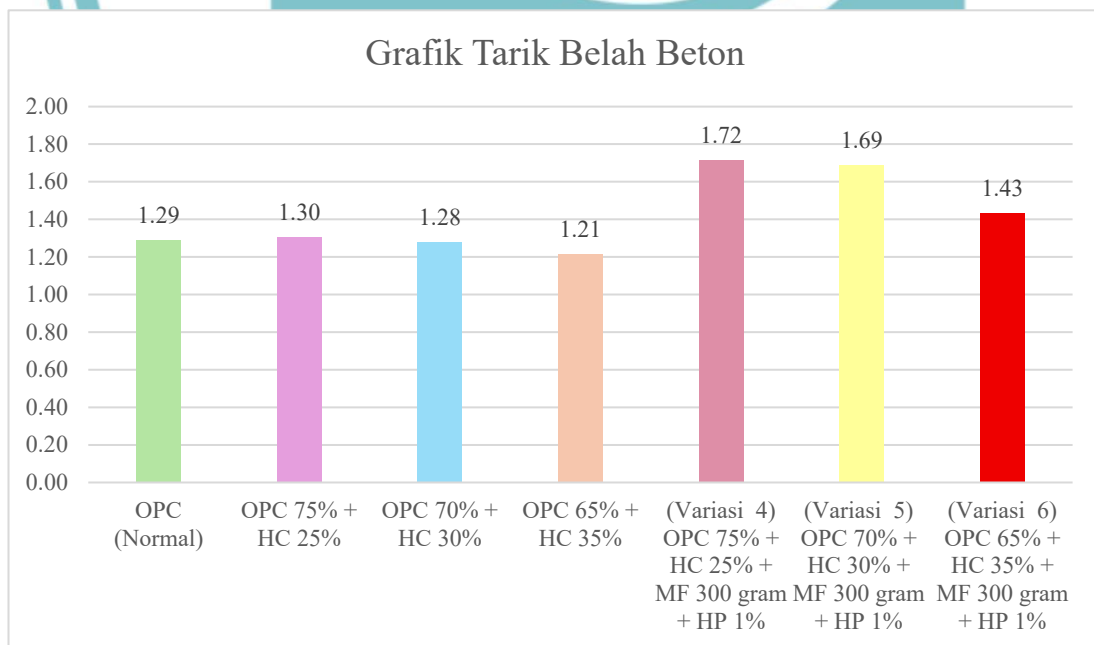
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Variasi Campuran	Sampe l	L PenaMPan g (mm2)	B (Kg)	Koreks i (KN)	P (N)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata- rata (MPa)
	3	141300	13.1	172	17200 0	1.217	
(Variasi 4) OPC 75% + HC 25% + MF 300 gram + HP 1%	1	141300	12,8	256	25600 0	1.812	1.72
	2	141300	12.7	246	24600 0	1.741	
	3	141300	12.4	226	22600 0	1.599	
(Variasi 5) OPC 70% + HC 30% + MF 300 gram + HP 1%	1	141300	13,4	238	23800 0	1.684	1.69
	2	141300	13.2	236	23600 0	1.670	
	3	141300	13.6	242	24200 0	1.713	
(Variasi 6) OPC 65% + HC 35% + MF 300 gram + HP 1%	1	141300	13,7	210	21000 0	1.486	1.43
	2	141300	13.4	191	19100 0	1.352	
	3	141300	13.5	206	20600 0	1.458	

Sumber : Hasil pengolahan data



Gambar 4.16 Grafik Nilai Hasil Pengujian Tarik Belah Beton Umur 28 Hari
(Sumber : hasil pengolahan data)

Berdasarkan **Gambar 4.16**, hasil pengujian kuat tarik belah rata-rata beton pada umur 28 hari menunjukkan bahwa variasi OPC 100% (Normal) memiliki nilai kuat tarik belah sebesar 1,29 MPa. Sementara itu, nilai kuat tarik belah tertinggi pada

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

umur 28 hari terdapat pada variasi OPC 75% + HC 25% + *Microfiber* 300 gram + *Hyperplasticizer* 1% dengan nilai kuat tarik belah sebesar 1,72 MPa.

Sedangkan variasi OPC 70% + HC 30% + *Microfiber* 300 gram + *Hyperplasticizer* 1% memiliki kuat tarik belah sebesar 1,63 MPa, dan variasi OPC 65% + HC 35% + *Microfiber* 300 gram + *Hyperplasticizer* 1% menunjukkan nilai kuat tarik belah sebesar 1,43 MPa.

Berdasarkan grafik di atas memperlihatkan bahwa nilai kuat tarik belah maksimum tercapai pada variasi OPC 75% + HC 25% + *Microfiber* 300 gram + *Hyperplasticizer* 1%. Hasil pengujian yang dilakukan belum memenuhi persyaratan teoritis yang diberikan oleh ACI antara $0,5\sqrt{f_c'}$ dan $0,6\sqrt{f_c'}$.

Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan serat dan bahan tambah seperti *Microfiber* dan *Hyperplasticizer* dapat meningkatkan kuat tarik belah beton secara signifikan dibandingkan beton OPC 100% (Normal).

Untuk mengetahui pengaruh penambahan semen hidrolik dan bahan tambah terhadap kuat tarik belah beton dilakukan analisis menggunakan SPSS sebagai berikut :

Tabel 4.55 *Coefficients* Kuat Tarik Belah pada Beton

Coefficients ^a					
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	
Model		B	Std. Error	Beta	t
1	(Constant)	1.343	.104		12.923
	HC	-.003	.004	-.187	-.821
	HYPERPLASTICIZER	.368	.089	.947	4.151
					Sig.
					<.001
					.458
					.014

a. Dependent Variable: KUAT TARIK BELAH

Berdasarkan Tabel *Coefficients* didapatkan nilai konstanta (a) sebesar 1,343, nilai koefisien regresi HC sebesar -0,003, dan nilai koefisien regresi Hyperplasticizer sebesar 0,368, sehingga dari hasil di atas dapat ditulis persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$$

$$Y = 1,343 + -0,003x_1 + 0,368x_2$$

Dari persamaan tersebut dapat dijelaskan bahwa:

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Nilai konstanta sebesar 1,343 menunjukkan bahwa jika tidak ada penambahan bahan substitusi (HC) maupun bahan tambah (*Hyperplasticizer*), maka kuat lentur beton diperkirakan sebesar 1,343 MPa.
- Koefisien regresi HC sebesar -0,003 berarti bahwa setiap penambahan 1% *Hydraulic Cement (HC)* justru cenderung menurunkan kuat lentur sebesar 0,003 MPa. Namun, berdasarkan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,458, maka pengaruh HC terhadap kuat lentur tidak signifikan karena melebihi batas > 0,05.
- Koefisien regresi *Hyperplasticizer* sebesar 0,368 menunjukkan bahwa setiap penambahan 1% *Hyperplasticizer* akan meningkatkan kuat lentur beton sebesar 0,368 MPa. Nilai signifikansi variabel ini adalah 0,014, yang berarti bahwa *Hyperplasticizer* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat lentur beton.

Tabel 4.56 Summary Kuat Tarik Belah pada Beton

Model Summary ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.903 ^a	.815	.722	.10932
a. Predictors: (Constant), HYPERPLASTICIZER, HC				
b. Dependent Variable: KUAT TARIK BELAH				

Berdasarkan Tabel *Model Summary*, diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,815. Artinya, penambahan *Hyperplasticizer* dan penggunaan Semen Hidrolik dapat memberikan pengaruh terhadap kuat lentur sebesar 81,5%.

4.6.4 Pengujian Kuat Tekan Beton pada Temperatur Tinggi (250 - 300°C)

Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian sifat mekanis beton pada temperatur 260°C pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.52.

Tabel 4.57 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton pada Temperatur (250 - 300°C) Umur 28 Hari.

Variasi Campuran	Durasi	Suhu (°C)	L PenaMPang (mm ²)	B (Kg)	Koreksi Hasil Tekan (KN)	Pmax (N)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata Rata (MPa)
	4 Jam	260	17671.5	12.4	412	412000	23.31	23.28

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

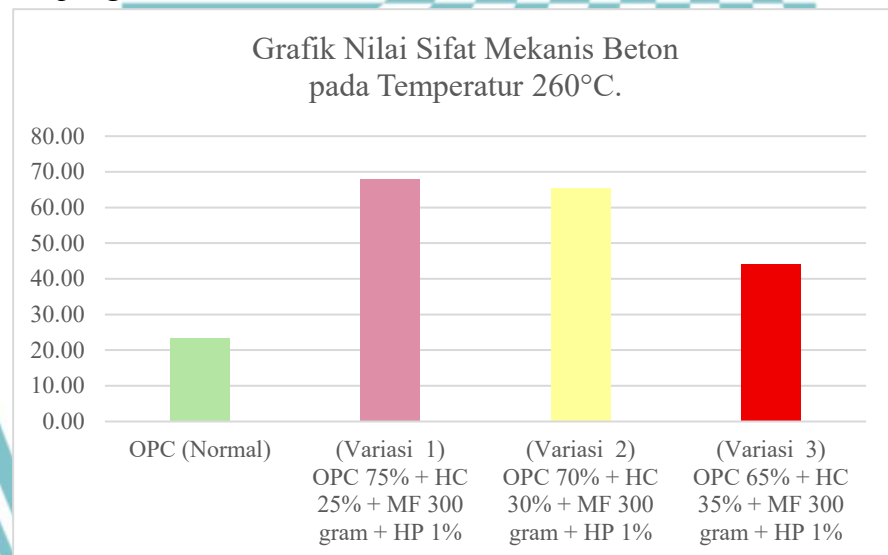
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

OPC (Normal)					12.2	414	414000	23.43	
					12.1	408	408000	23.09	
(Variasi 1) OPC 75% + HC 25% + MF 300 gram + HP 1%	4 Jam	260	17671.5		12.8	1200	1200000	67.91	67.91
					12.7	1200	1200000	67.91	
(Variasi 2) OPC 70% + HC 30% + MF 300 gram + HP 1%	4 Jam	260	17671.5		12.8	1200	1200000	67.91	65.45
					12.7	1155	1155000	65.36	
(Variasi 3) OPC 65% + HC 35% + MF 300 gram + HP 1%	4 Jam	260	17671.5		12.8	1142	1142000	64.62	44.18
					12.6	1173	1173000	66.38	
					12.8	789	789000	44.65	
					12.7	778	778000	44.03	
					12.5	775	775000	43.86	

Sumber : Hasil pengolahan data



Gambar 4.17 Grafik Nilai Hasil Pengujian Sifat Mekanis Beton pada Temperatur (250 – 300°C) Umur 28 Hari.

Berikut adalah perbandingan data hasil rekapitulasi pengujian kuat tekan beton sebelum dan sesudah pasca bakar pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.53.

Tabel 4.58 Hasil Rekapitulasi Kuat Tekan Pasca Bakar

Variasi Campuran	Durasi	Suhu (°C)	Kuat Tekan Tanpa Pasca Bakar (MPa)	Kuat Tekan Pasca Bakar (MPa)	Penurunan Kekuatan (MPa)	Peningkatan Kekuatan (MPa)
OPC (Normal)	4 Jam	260	29.82	23.28	6.54	

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

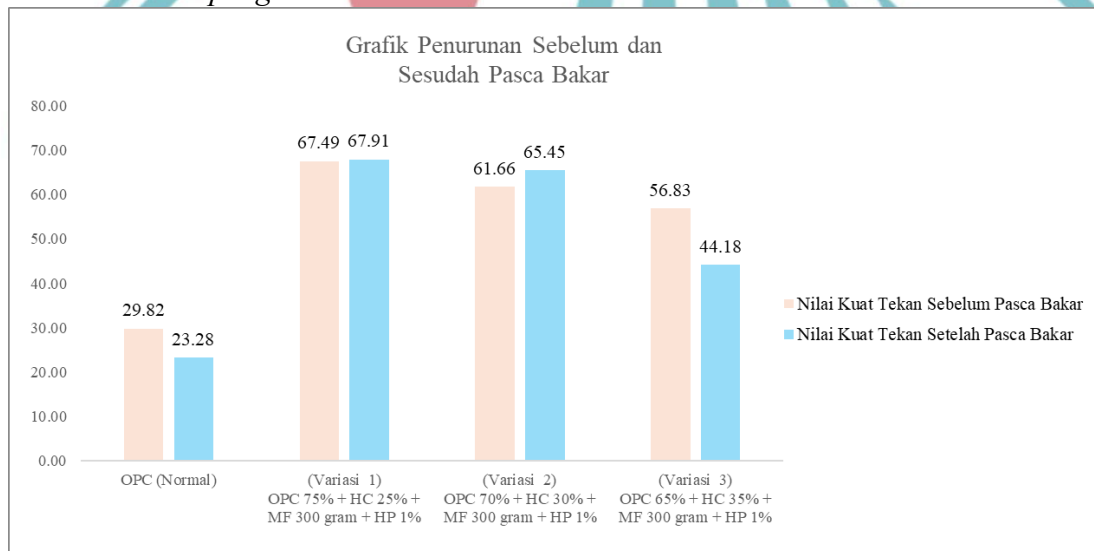
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Variasi Campuran	Durasi	Suhu (°C)	Kuat Tekan Tanpa Pasca Bakar (MPa)	Kuat Tekan Pasca Bakar (MPa)	Penurunan Kekuatan (MPa)	Peningkatan Kekuatan (MPa)
(Variasi 1) OPC 75% + HC 25% + MF 300 gram + HP 1%	4 Jam	260	67.49	67.91		0.41
(Variasi 2) OPC 70% + HC 30% + MF 300 gram + HP 1%	4 Jam	260	61.66	65.45		3.79
(Variasi 3) OPC 65% + HC 35% + MF 300 gram + HP 1%	4 Jam	260	56.83	44.18	12.66	

Sumber : Hasil pengolahan data



Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Pasca Bakar

Berdasarkan grafik, diketahui bahwa beton normal (OPC) mengalami penurunan kuat tekan setelah pembakaran dari 29,82 MPa menjadi 23,28 MPa. Hal ini sejalan dengan sifat umum beton yang cenderung melemah saat terkena suhu tinggi akibat dehidrasi senyawa pengikat dan pembentukan retak mikro.

Namun, pada variasi 1 dan 2 yang mengandung semen hidrolik (HC), *Microfiber* (MF), dan *Hyperplasticizer* (HP), terjadi peningkatan kuat tekan setelah pasca bakar. Hal ini terjadi karena *Microfiber* mulai meleleh pada suhu 250–265°C sesuai dengan spesifikasi produknya dan mengisi pori-pori beton yang terbentuk akibat proses pembakaran. Setelah didinginkan, struktur beton menjadi lebih padat dan homogen, sehingga meningkatkan kekuatannya. HC juga berperan dalam hidrasi

lanjutan dan ketahanan termal, sementara HP membantu membentuk beton dengan porositas rendah sejak awal.

Pada variasi 3, meskipun kadar HC ditingkatkan menjadi 35%, terjadi penurunan kuat tekan. Hal ini diduga karena *Microfiber* belum sepenuhnya meleleh atau distribusinya tidak merata, serta adanya kemungkinan pembentukan rongga akibat pelepasan air berlebih. Kelebihan HC juga dapat menurunkan kekuatan awal bila hidrasi belum optimal saat dipanaskan. Kombinasi faktor-faktor ini menyebabkan kuat tekan setelah pembakaran menurun dibanding sebelum pembakaran.

Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 1 Dokumentasi Alat dan Bahan

Alat yang digunakan saat Penelitian



Cetakan Silinder Plastik



Cetakan Silinder Besi



Timbangan
dengan ketelitian yang berbeda beda



Labu Ukur



Anak Timbangan



Kompor & Wajan



Oven Digital



Mixer



Mesin Kuat Tekan



Talam



Alat Penumpu Uji Kuat Lentur

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Kompresor



Set Alat Pengujian Slump



TeMPat Curing



Alat Auxiliary Platen Assembly



Timbangan Digital dengan Keranjang



Satu Set Saringan



Penetrometer

Bahan yang digunakan dalam Penelitian



Agregat Kasar dengan diameter max 20 mm



Agregat Halus dengan tipe Pasir Bangka



Semen OPC



Hyperplasticizer DEVCON P900



Microfiber Kratos Micro PS

Lampiran 2 Dokumentasi Pengujian Material

Dokumentasi Pengujian Berat Jenis (Agregat Kasar, Agregat Halus dan Semen)



Dokumentasi Pengujian Bobot Isi (Agregat Kasar dan Agregat Halus)



Dokumentasi Pengujian Kadar Lumpur (Agregat Kasar dan Agregat Halus)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 Dokumentasi Pembuatan Benda Uji

Dokumentasi Pembuatan Benda Uji

Pengadukan Beton/Mixing



Uji Slump dan Slump Flow



Pengujian Bobot Isi Beton Segar



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Pengujian Waktu Ikat Beton Segar



Proses Curing Benda Uji



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4 Dokumentasi Pengujian Benda Uji

Dokumentasi Pengujian Benda Uji						
Pengujian Kuat Tekan Beton						
						
Pengujian Kuat Tarik Belah Beton						
						
Pengujian Kuat Lentur Beton						
						
Pengujian Kuat Tekan Beton Pasca Bakar						
						



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5 Formulir SI-1 : Pernyataan Calon Pembimbing

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir SI-1
---	--	--------------------------

PERNYATAAN CALON PEMBIMBING

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nunung Martina, S.T., M.Si

NIP : 196703081990032001

Dengan ini menyatakan bersedia menjadi Calon Pembimbing Skripsi untuk mahasiswa sebagai berikut:

1. Shanggita Farolina

NIM : 2101411046

Program Studi : D4 – Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan

KBK : Struktur dan Material

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Semen Hidrolik Variasi 25-35% Pada Beton Fe'55 dengan *Microfiber* Dan *Hyperplasticizer*

Depok, 12 Maret 2025
Yang menyatakan,



(Nunung Martina, S.T., M.Si)



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir SI-1
---	--	--------------------------

PERNYATAAN CALON PEMBIMBING

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rikki Sofyan Rizal, S.Tr., M.T.

NIP : 196703081990032001

Dengan ini menyatakan bersedia menjadi Calon Pembimbing Skripsi untuk mahasiswa sebagai berikut:

1. Shanggita Farolina

NIM : 2101411046

Program Studi : D4 – Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan

KBK : Struktur dan Material

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Semen Hidrolik Variasi 25-35% Pada Beton
Fc'55 dengan *Microfiber* Dan *Hyperplasticizer*

Depok, 12 Maret 2025
Yang menyatakan,

(Rikki Sofyan Rizal, S.Tr., M.T.)



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 6 Formulir SI-2 : Lembar Pengesahan

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir SI-2
---	--	--------------------------

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pengaruh Substitusi Semen Hidrolik Variasi (25,30,35)%
Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi $f_c'55$ Mpa
Dengan Hyperplasticizer Dan Microfiber

Subjek Skripsi : **Struktur & Material**

Nama Mahasiswa : Shanggita Farolina

NIM Mahasiswa : 2101411046

Program Studi : D4 – Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan

Pembimbing 1,

(Nunung Martina, S.T., M.Si.)

Pembimbing 2,

(Rikki Sofyan Rizal, S.Tr., M.T.)

Depok, 12 Maret 2025
Mahasiswa,

(Shanggita Farolina)

Mengetahui,

Kepala Program Studi
Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan

(Hendrian Budi Bagus Kuncoro, S.T., M.Eng.)

Koordinator KBK
Struktur & Material

(Rinawati, S.T., M.T.)



Lampiran 7 Formulir SI-3 : Lembar Asistensi Pembimbing

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir SI-3
---	--	--------------------------

LEMBAR ASISTENSI

Nama :

1. Shanggita Farolina NIM : 2101411046

Program Studi : D4 Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan

KBK : Struktur & Material

Judul Skripsi : Pengaruh Substitusi Semen Hidrolik Variasi (25,30,35)%
Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi Fc'55 Mpa
Dengan *Hyperplasticizer* Dan *Microfiber*

Pembimbing 1 : Nunung Martina, S.T., M.Si.

Pembimbing 2 : Rikki Sofyan Rizal, S.Tr., M.T.

No	Tanggal	Uraian	Paraf
1	03/02/2025	Pembahasan Skripsi mengenai material dan bahan tambah yang digunakan serta pembagian jenis – jenis beton.	 
2	04/02/2025	Pembahasan mengenai Mix Design dan jenis material bahan yang digunakan.	 
3	08/02/2025	Revisi mengenai Mix Design dan jenis material bahan yang digunakan.	 
4	13/02/2025	Revisi judul skripsi.	 

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5	07/03/2025	Pembahasan perhitungan Mix Design, judul, latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah dan tujuan penelitian.	
6	11/03/2025	Asistensi sebelum sempro 1. Dalam tujuan penelitian, kata memperoleh diganti menjadi menganalisis. 2. Penelitian terdahulu dan Novelty harus berisi dari penelitian terdahulu yang di pakai. 3. Menambahkan gambar pada bahan tambah yang digunakan 4. Revisi mengenai jumlah benda uji pada mix design untuk membandingkan hasilnya.	
7	11/06/2025	Asistensi mengenai mix design dan hasil pengujian yang sudah dilakukan.	
8	13/06/2025	Asistensi terkait pembahasan isi naskah skripsi	
9	13/06/2025	Acc Siap disidangkan	



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 8 Formulir SI-4 : Persetujuan Pembimbing 1

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir SI-4
---	--	--------------------------

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nunung Martina, S.T.,

M.Si.NIP : 196703081990032001

Jabatan : Pembimbing Skripsi

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini:

1. Shanggita Farolina NIM : 2101411046

Program Studi : D4 Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan

KBK : Struktur & Material

Judul Skripsi : Pengaruh Substitusi Semen Hidrolik Variasi (25,30,35)%
Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi Fc'55 Mpa
Dengan *Hyperplasticizer* Dan *Microfiber*

☐

Sudah dapat mengikuti Ujian Sidang Skripsi

☒

Sudah dapat menyerahkan Revisi Naskah Skripsi

Depok, 09 Juli 2025
Yang menyatakan,

Keterangan:

☐

Beri tanda cek (✓) untuk
pilihan yang dimaksud

Nunung Martina, S.T., M.Si.

NIP. 196703081990032001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 8 Formulir SI-4 : Persetujuan Pembimbing 2

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir SI-4
---	--	--------------------------

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rikki Sofyan Rizal, S.Tr., M.T.

NIP : 199304302020121012

Jabatan : Pembimbing Skripsi

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini:

1. Shanggita Farolina NIM : 2101411046

Program Studi : D4 Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan

KBK : Struktur & Material

Judul Skripsi : Pengaruh Substitusi Semen Hidrolik Variasi (25,30,35)%
Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi $f_c' 55$ Mpa
Dengan *Hyperplasticizer* Dan *Microfiber*

☐

Sudah dapat mengikuti Ujian Sidang Skripsi

☒

Sudah dapat menyerahkan Revisi Naskah Skripsi

Depok, 09 Juli 2025
Yang menyatakan,

Keterangan:

☐

Beri tanda cek (✓) untuk
pilihan yang dimaksud

Rikki Sofyan Rizal, S.Tr., M.T.

NIP. 199304302020121012



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 9 Formulir SI-3 : Lembar Asistensi Penguji 1

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir SI-3
---	--	--------------------------------

LEMBAR ASISTENSI

Nama :

1. Shanggita Farolina

NIM : 2101411046

Program Studi : D4 – Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan

KBK : Struktur dan Material

Judul Skripsi : Pengaruh Substitusi Semen Hidrolik Variasi (25,30,35)% Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi Dengan Hyperplasticizer Dan Microfiber

Penguji : Anni Susilowati, S.T, M.Eng.

NIP : 196506131990032002

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1	8/7/2025	Revisi Sudang Ok	





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 10 Formulir SI-5 : Lembar Persetujuan Penguji 1

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir SI-5
---	--	--------------------------------

PERSETUJUAN PENGUJI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Anni Susilowati, S.T, M.Eng.

NIP : 196506131990032002

Jabatan : Penguji Sidang Skripsi

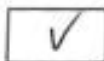
Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini:

1. Shanggita Farolina NIM : 2101411046

Program Studi : D4 – Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan

KBK : Struktur dan Material

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Substitusi Semen Hidrolik Variasi (25,30,35)% Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi Dengan Hyperplasticizer Dan Microfiber



Sudah dapat menyerahkan Revisi Naskah Skripsi

Keterangan:



Beri tanda cek (√) untuk pilihan yang dimaksud

Depok,2025

Yang menyatakan,

(Anni Susilowati, S.T, M.Eng.)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 10 Formulir SI-5 : Lembar Persetujuan Penguji 2

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir SI-5
---	--	----------------------

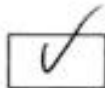
PERSETUJUAN PENGUJI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mudiono Kasmuri, S.T, M.Eng, Ph.D
NIP : 198012042020121001
Jabatan : Penguji Sidang Skripsi

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini:

2. Shanggita Farolina NIM : 2101411046
Program Studi : D4 – Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan
KBK : Struktur dan Material
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Substitusi Semen Hidrolik Variasi (25,30,35)% Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi Dengan Hyperplasticizer Dan Microfiber



Sudah dapat menyerahkan Revisi Naskah Skripsi

Depok, 8/7 - 2025
Yang menyatakan,

(Mudiono Kasmuri, S.T, M.Eng, Ph.D)

Keterangan:



Beri tanda cek (✓) untuk pilihan yang dimaksud

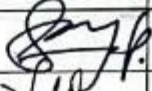
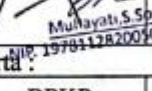
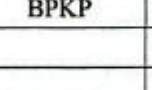
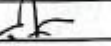
Lampiran 11 Formulir SI-7 : Lembar Bebas Pinjaman dan Urusan Administrasi

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir SI-7
---	--	----------------------

LEMBAR BEBAS PINJAMAN DAN URUSAN ADMINISTRASI

Untuk Persyaratan : Ujian Sidang Skripsi
 Nama Mahasiswa : Shanggita Farolina
 NIM : 2101411046
 Semester/Program Studi : 8/Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan
 Jurusan : Teknik Sipil

Mahasiswa yang namanya tersebut diatas dinyatakan bebas dari pinjaman dan urusan administrasi, sebagai berikut :

No	Koordinator	Tanggal	Tanda Tangan	Keterangan
1	Koordinator Workshop	5/6-25		
2	Koordinator Laboratorium	11/6-25		
3	Administrasi Jurusan	03/2025/06		
4	Bagian Perpustakaan Jurusan Teknik Sipil	03/6-25		
5	Bagian Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta			
6	Administrasi Pendidikan Politeknik Negeri Jakarta :			
	Uang Kuliah	Inventaris	BPKP	Keterangan
	Tanggal	5.6.2025		
	Tanda Tangan			

Depok, 27 Mei 2025
Mahasiswa,



(Shanggita Farolina)

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 12 Formulir SI-9 : Bukti Penyerahan Laporan Magang Industri

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir MI-10
---	--	-------------------

BUKTI PENYERAHAN LAPORAN MAGANG INDUSTRI

Telah diserahkan 1 (satu) berkas laporan Magang Industri (MI) dari mahasiswa sebagai berikut :

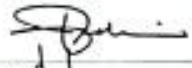
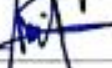
Nama : Shanggita Farolina

NIM : 2101411046

Program Studi : D4 – Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan

Judul : Laporan Magang Industri Proyek Pembangunan Jalan Tol

Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo

No	Diberikan kepada	Tanggal	Tanda Tangan	Keterangan
1	Pembimbing Industri	03 / 01 / 2025		
2	Pembimbing Jurusan	14 / 01 / 2025		
3	Administrasi Jurusan	14 / 01 / 2025		
4	Bagian Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta	15 / 01 / 2025	 	

DEPOK 14 JANUARI 2025

Mahasiswa MI,



(Shanggita Farolina)