

PENGGUNAAN BAHAN ADITIF MASTER GLENIUM ACE 8595 UNTUK MEMINIMALISIR POROSITAS PADA BETON

Amelia Dwi Fitriani¹, Zendy Bima Mahardana^{2*}, Salman Alfaridh Pasya³, Niko Andika Erwanda⁴, Nadi Rheiza Fathurrohman⁵, Atsfiela Dzulkhan Qalby⁶, Satria Perdana Okta⁷

¹Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Jl. Selomangleng No. 1, Pojok, Mojoroto, Kota Kediri, Jawa Timur 64115, Indonesia

Email: ameliadwif08@gmail.com

²Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Jl. Selomangleng No. 1, Pojok, Mojoroto, Kota Kediri, Jawa Timur 64115, Indonesia

Email:zmahardana@unik-kediri.ac.id

³Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Jl. Selomangleng No. 1, Pojok, Mojoroto, Kota Kediri, Jawa Timur 64115, Indonesia

Email: salman.apasya@gmail.com

⁴Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Jl. Selomangleng No. 1, Pojok, Mojoroto, Kota Kediri, Jawa Timur 64115, Indonesia

Email: nikoandika111@gmail.com

⁵Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Jl. Selomangleng No. 1, Pojok, Mojoroto, Kota Kediri, Jawa Timur 64115, Indonesia

Email: rheyfr@gmail.com

⁶Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Jl. Selomangleng No. 1, Pojok, Mojoroto, Kota Kediri, Jawa Timur 64115, Indonesia

Email: filadq596@gmail.com

⁷Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Jl. Selomangleng No. 1, Pojok, Mojoroto, Kota Kediri, Jawa Timur 64115, Indonesia

Email: sperdana154@gmail.com

ABSTRACT

Concrete has now become the most essential material in modern construction. The strength and durability of concrete are vital factors that influence the strength and stability of buildings and infrastructure. Porosity refers to the degree to which concrete has voids or voids within its structure. Concrete porosity has a significant impact on concrete compressive strength. The higher the level of porosity, the lower the compressive strength of the concrete. In this research, we conducted a concrete formulation experiment by adding a type F additive to MasterGlenium Ace 8595. This research investigates the effect of adding the additive Master Glenium Ace 8595 on changes in concrete porosity and increasing concrete compressive strength. The results of the research show that from the aggregate suitability testing, it was stated that all the aggregates tested were suitable for use as a building material for concrete, workability testing obtained results with dilute criteria, porosity testing obtained an average porosity of 8.05%, and compressive strength testing obtained an average compressive strength value. -an average of 23.56 MPa indicates an increase of 8.69% of the planned concrete quality. This research concludes that concrete porosity is one of the factors that must be considered to increase the compressive strength of concrete because it significantly influences its density and compressive strength. Keeping the porosity at a low level and the compressive strength of the concrete at a high level can ensure that the concrete structure has good resistance to loads and the environment and reduces the risk of damage and maintenance.

Keywords: Porosity, Compressive Strength, Master Glenium Ace 8595

ABSTRAK

Beton saat ini telah menjadi material paling penting dalam dunia konstruksi modern. Kekuatan dan daya tahan beton merupakan faktor kunci yang mempengaruhi kekuatan dan kestabilan bangunan dan infrastruktur. Porositas mengacu pada sejauh mana beton memiliki ruang kosong atau rongga di dalam strukturnya. Porositas beton memiliki dampak signifikan terhadap kuat tekan beton. Semakin tinggi

tingkat porositasnya, semakin rendah kuat tekan betonnya. Dalam penelitian ini, kami melakukan eksperimen laboratorium yang melibatkan formulasi beton dengan penambahan bahan aditif tipe F berupa Master Glenium Ace 8595. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh penambahan bahan aditif Master Glenium Ace 8595 terhadap perubahan porositas beton dan peningkatan kuat tekan beton. Hasil penelitian menunjukkan dari pengujian kelayakan agregat dinyatakan bahwa semua agregat yang diuji layak digunakan sebagai material penyusun beton, pengujian workability didapatkan hasil dengan kriteria encer, pengujian porositas diperoleh porositas rata-rata sebesar 8,05%, dan pengujian kuat tekan diperoleh nilai kuat tekan rata-rata sebesar 23,56 Mpa mengindikasikan terjadi peningkatan sebesar 8,69% dari mutu beton yang direncanakan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa porositas beton menjadi salah satu faktor yang harus diperhatikan untuk meningkatkan kuat tekan beton, karena memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap kepadatan dan kuat tekan beton. Dengan menjaga porositas pada tingkat yang rendah dan kuat tekan beton pada tingkat yang tinggi, dapat memastikan bahwa struktur beton memiliki daya tahan yang baik terhadap beban dan lingkungan serta mengurangi resiko kerusakan dan perawatan.

Kata kunci: Porositas, Kuat Tekan, Master Glenium Ace 8595

1. PENDAHULUAN

Beton saat ini telah menjadi material paling penting dalam dunia konstruksi modern. Kekuatan dan daya tahan beton merupakan faktor kunci yang mempengaruhi kekuatan dan kestabilan bangunan dan infrastruktur (Paul Thanaraj et al., 2023). Beton memiliki karakteristik rongga di dalam elemen besar yang diisi dengan agregat dan akan ditambahkan pasta (campuran semen dan air). Hal ini bertujuan untuk mengikat antara agregat halus dan kasar sehingga semua komponen tercampur dan membentuk struktur yang padat. Salah satu tantangan utama dalam pengembangan beton adalah mengoptimalkan komposisi dan sifatnya untuk mencapai kuat tekan yang tinggi dengan meminimalkan porositasnya.

Porositas mengacu pada sejauh mana beton memiliki ruang kosong atau rongga di dalam strukturnya. Porositas dapat berasal dari beberapa sumber, termasuk udara yang terperangkap selama proses pencampuran dan pengerasan, kelebihan air dalam campuran beton, ketidaksempurnaan dalam struktur butiran agregat, dan reaksi kimia yang terjadi selama pengeringan dan pengerasan. Porositas beton memiliki dampak signifikan terhadap kuat tekan beton. Semakin tinggi tingkat porositasnya, semakin rendah kuat tekan betonnya (Kartini & Sumaidi, 2021; Liu et al., 2021). Air mengisi ruang dan saat mengering akan membentuk rongga udara. Dengan menambahkan bahan selain air, penggunaan ruang dapat berkurang dan rongga yang terbentuk mungkin lebih sedikit.

Dalam penggunaan Master Glenium Ace 8595, sebuah bahan aditif tipe F yang ditambahkan sebanyak 1,2% dari total semen dalam campuran beton, ditemukan bahwa hal ini berhasil meningkatkan kuat tekan beton hingga mencapai 73,34 MPa pada usia 28 hari. Peningkatan ini setara dengan kenaikan sebesar 5% dari nilai kuat tekan beton tanpa aditif. Perlu diperhatikan bahwa dalam penelitian ini belum dilakukan analisis terhadap porositas beton yang juga memiliki dampak signifikan terhadap kuat tekan beton (Ridho et al., 2017). Oleh karena itu, pengendalian porositas beton adalah salah satu aspek penting dalam merancang campuran beton yang kuat dan tahan lama. Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan beton adalah dengan meningkatkan pematatannya, yakni dengan meminimumkan pori atau rongga yang terbentuk di dalam beton. Dalam hal ini, penggunaan bahan tambah (*admixture*) dapat membantu menyelesaikan permasalahan tersebut. Penambahan bahan aditif merupakan salah satu cara yang umum digunakan untuk mengurangi porositas dan meningkatkan kuat tekan beton.

Penelitian tentang beton akhir-akhir ini banyak dikembangkan dengan berbagai jenis tambahan (*admixture and additives*) untuk campuran beton, terutama water reducer atau plasticizer dan superplasticizer. Dalam penelitian ini, kami melakukan eksperimen laboratorium yang melibatkan formulasi beton dengan penambahan bahan aditif tipe F berupa Master Glenium Ace 8595. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh penambahan bahan aditif Master Glenium Ace 8595 terhadap perubahan porositas beton dan peningkatan kuat tekan beton.

Hasil penelitian ini diharapkan dengan penambahan Master Glenium Ace 8595 dapat mengurangi kandungan air dalam campuran beton. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan porositas dan peningkatan kekuatan beton, sehingga mutu beton yang direncanakan dapat tercapai dengan lebih baik.

Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan wawasan bagi dunia konstruksi dan ilmu pengetahuan material mengenai potensi penggunaan Master Glenium Ace 8595 dalam meminimalisir porositas sehingga kualitas dan kinerja beton dapat dijadikan acuan dalam membuat bangunan yang lebih kuat dan tahan lama.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi eksperimental dengan melakukan percobaan langsung di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiri. Adapun pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi:

Kelayakan Agregat

Pada pengujian material ini mencakup pengujian pada material alam yaitu pengujian agregat kasar dan agregat halus dengan uraian sebagai berikut:

A. Agregat Halus

1. Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur agregat halus dilakukan pada pasir kering ukuran ayakan No. 10 sejumlah 500g. Alat yang digunakan adalah gelas ukur transparan dengan kapasitas 0 hingga 1000 ml untuk mengetahui jumlah pengendapan mineral yang diuji (ASTM C40 / C40M - 16, 2016a). Kadar lumpur optimal yang terkandung pada agregat halus direncanakan sesuai standar ASTM C40, dimana prosentase kandungan lumpur tidak lebih dari 5%.

2. Pengujian Gradasi

Pengujian gradasi dilakukan pada pasir kering sejumlah 1000g dengan saringan sesuai dengan standar ASTM C33. Dimana hasil dari pengujian gradasi ayakan dapat dilakukan klasifikasi jenis agregat halus yang digunakan dalam pembuatan beton (Nedeljković et al., 2021).

B. Agregat Kasar

1. Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur yang dilakukan adalah sesuai standar ASTM C117-1995. dalam prosesnya adalah mempersiapkan agregat kasar sebanyak 1000 g lolos ayakan no 34. Dengan ayakan no 200, bilas agregat kasar hingga air jernih. Pada kondisi kering, dapat ditentukan selisih beratnya (ASTM C117, 2017) . Kadar lumpur yang terkandung dalam agregat kasar yang digunakan tidak melebihi 1% dari jumlah total.

2. Pengujian Keausan

Pengujian keausan dilakukan sesuai standar ASTM C131 dengan menguji agregat kasar dalam kondisi kering sejumlah 2500 g. Agregat kasar beserta 11 bola baja diputar menggunakan alat los angeles abrasion machine hingga 500 putaran. Dengan menggunakan metode bilas air dan ayakan no 12 dapat dilakukan klasifikasi material yang hancur terhadap pengujian (ASTM C-535, 2014). Keausan maksimal agregat kasar dalam pembuatan beton adalah tidak lebih dari 40%.

Kebutuhan Material

Tabel 1. Kebutuhan 1 silinder benda uji beton diameter 15 cm tinggi 30 cm.

Bahan Penyusun	Jumlah	Satuan
Agregat Kasar	5,484	Kg
Agregat Halus	3,221	Kg
Pengikat	4,366	Kg
Air	1,484	Lt

Tabel 1 menunjukkan kebutuhan material penyusun benda uji 1 silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berat keseluruhan kebutuhan material adalah 13,071 kg dan air 1,484 liter. Bahan pengikat yang digunakan adalah kombinasi antara semen PCC sejumlah 4,350 Kg (99,63%) dan Bahan aditif yang digunakan dalam mereduksi porositas pada penelitian ini adalah superplasticizer dengan merek dagang Master Glenium ACE 8595. cairan ini ditambahkan saat pencampuran yang berguna untuk membuat pasta beton menjadi lebih encer dengan kadar air yang sedikit, sehingga kuat tekan benda uji meningkat (SNI 03-2834-2000, 2000). Bahan aditif Master Glenium ACE 8595 yang digunakan dalam campuran beton direncanakan sejumlah 0,016 kg atau 0,37 % dari jumlah total pengikat.

Pembuatan Benda Uji Beton

Pembuatan benda uji beton dilaksanakan dengan melakukan pencampuran material beton untuk 3 benda uji beton silinder sekaligus dengan target rencana pada Fc 21,7 MPa. Agregat kasar lolos ayakan no 1/2 sejumlah 16,45 Kg dan

pasir lolos ayakan no 20 sejumlah 9,67 kg beserta 13 kg semen dan air sebanyak 4,45 lt dicampur menggunakan mesin Mixer. saat proses pencampuran berlangsung ditambahkan Master Glenium Ace 8595 sebanyak 0,016 kg. proses pencampuran dilaksanakan hingga 50 menit. Setelah campuran merata, pasta beton dapat dilakukan uji *slump* dan dicetak menggunakan cetakan silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Proses perawatan benda uji beton dilaksanakan dengan cara perendaman air selama 7 hari. Setelah selesai masa curing dapat dilakukan pengujian porositas dan kuat tekan beton.

Pengujian Sampel

Pengujian sampel beton yang digunakan adalah melakukan *test slump*, porositas dan kuat tekan. adapun rangkaian pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut:

A. *Slump Flow*

Letakkan alat pada bidang datar serta basahi dengan air. Tuangkan pasta beton dari *mixer concrete* kedalam kerucut abram hingga penuh. Lalu angkat kerucut abramnya hingga pasta beton mengalir, sehingga dapat diamati jenis penurunan pasta beton pada uji slump (Domone, 1998).

B. Porositas

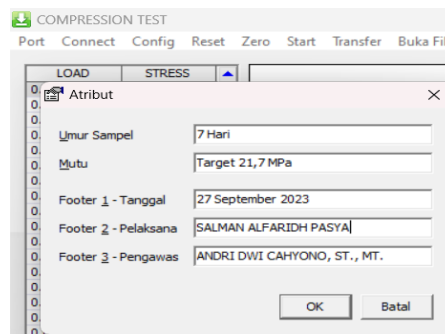
Pengujian porositas beton dilakukan dengan 3 tahapan pengujian. langkah prosesnya adalah menghitung berat sampel beton dalam air, dalam kondisi SSD (*saturated surface dry*), dan dalam kondisi kering oven (642, 1997). Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya persentase pori-pori beton terhadap volume beton padat, nilai standar porositas adalah sebesar 12% hingga 25%. Perhitungan nilai porositas dilakukan berdasarkan ASTM C 642.

$$Porositas = \frac{B - C}{B - A} \times 100\% \tag{1}$$

dengan A = berat benda dalam air (gram), B = berat benda dalam kondisi SSD (gram), dan C = berat benda dalam kondisi kering oven (gram).

C. Kuat Tekan

Pengujian dilakukan dengan mengintegrasikan software ADU pada PC dengan *Compression testing machine*. dengan setting satuan kuat tekan kg/cm², dapat dimulai pengujian benda uji hingga hancur. grafik optimal dari software ADU merupakan kemampuan nilai kuat tekan beton untuk menopang beban axial (Elrazek & Shafy Gamal, 2021).



Gambar 1. *Compression testing machine*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelayakan Agregat

Hasil pengujian kelayakan agregat meliputi pengujian kadar lumpur agregat, gradasi ayakan dan keausan agregat kasar dengan hasil sebagai berikut :

A. Kadar Lumpur Agregat Halus

Tabel 2. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Uraian	Perhitungan	Hasil	Satuan	Ket
Tinggi Pasir	t1	296	MI	
Tinggi Lumpur	t2	4	MI	MEMENUHI
Kadar Lumpur	t2 : (t1 + t2) x 100	1,33	%	

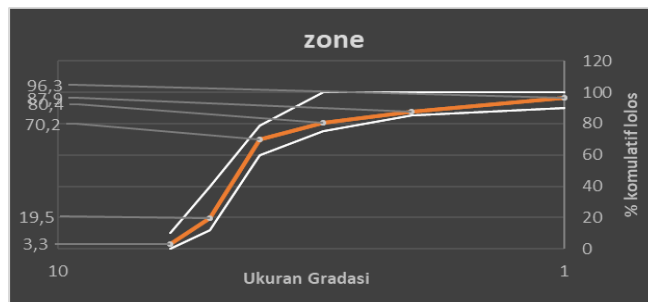
Dari tabel 2, pengujian kadar lumpur pada agregat halus sebesar 1,33%. Hasil ini menunjukkan material yang diuji layak digunakan sebagai material penyusun beton (ASTM C40 / C40M - 16, 2016b). Pada penelitian sebelumnya, sampel beton dengan kadar lumpur sebesar 1,5% memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 62,951 Mpa. Sedangkan sampel dengan kadar lumpur 3,6% memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 52,717

Mpa yang artinya semakin rendah kadar lumpur maka semakin tinggi nilai kuat tekan betonnya (Muhajjir et al., n.d.). Hal ini menegaskan bahwa kandungan kadar lumpur rendah sebesar 1,33%, dapat diandalkan dalam memperoleh beton yang memiliki kualitas dan kekuatan yang optimal.

B. Gradasi Ayakan Agregat Halus

Tabel 3. Pengujian Gradasi Ayakan Agregat Halus

Ukuran	Berat Tertahan		% Kumulatif		
	(gr)	(%)	Tertahan	Lolos	
1/4 in	6,35 mm	0	0	100	
No 4	4,8 mm	37	3,7	96,3	
No 8	2,4 mm	84	8,4	87,9	
No 16	1,2 mm	75	7,5	80,4	
No 30	0,6 mm	102	10,2	70,2	
No 50	0,3 mm	507	50,7	19,5	
No 100	0,15	162	16,2	3,3	
Pan	Pan	33	3,3	100	0
Total		1000	100		



Gambar 2. Grafik Zona Agregat Halus

Dari tabel 3 dan gambar 2, dapat diketahui agregat halus yang digunakan sebagai material penyusun beton berada di daerah 3 dengan karakteristik pasir cukup halus (IS:383-, 2016). Pasir dengan ukuran butiran yang cukup halus cenderung memiliki distribusi butiran yang lebih seragam. Butiran-butiran yang seragam ini dapat membantu dalam pembentukan matriks beton yang lebih padat dan homogen ketika dicampur dengan bahan pengikat seperti semen (Sebastian et al., 2021). Sebagai hasilnya, beton yang dihasilkan memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi.

C. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Tabel 4. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Uraian	Hitungan	Hasil	Satuan	Ket
WD. Sebelum dicuci	W1	1000	gr	MEMENUHI
WD. Setelah dicuci	W2	994	gr	
Kadar Lumpur	$(W1 - W2) : W1 \times 100$	0,6	%	

Dari tabel 4, pengujian kadar lumpur pada agregat kasar sebesar 0,6 %, nilai ini tergolong rendah dan menunjukkan agregat kasar yang diuji memenuhi sebagai material penyusun beton karena nilai kadar lumpurnya kurang dari 1% (ASTM C117, 2017). Kadar lumpur yang rendah menunjukkan kebersihan agregat kasar yang baik. Hal ini penting karena kebersihan agregat merupakan faktor kunci dalam membentuk campuran beton yang berkualitas (Sipil et al., 2023).

D. Keausan Agregat Kasar

Tabel 5. Pengujian Kadar Keausan Agregat Kasar

Uraian	Hitungan	Hasil	Satuan	Ket
WD. Sebelum Uji	W1	5000	gr	MEMENUHI
WD. Setelah Uji	W2	3780	gr	

Keausan	$(W1 - W2) : W1 \times 100$	24,4	%
---------	-----------------------------	------	---

Dari tabel 5, pengujian keausan didapatkan nilai sebesar 24,4%. Hasil ini menunjukkan keausan agregat kasar memenuhi sebagai material penyusun beton, karena nilai keausannya kurang dari 40% (ASTM C-535, 2014). Keausan agregat kasar merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi mutu beton. Beton dengan nilai keausan agregat kasar yang rendah, maka beton akan lebih mudah mengikat bahan pengikat seperti semen, dan ini dapat meningkatkan kuat tekan beton (Affandi et al., 2023; Mahardana et al., 2023).

Workability

Tabel 6. Nilai *Slump*

Uraian	Hitungan	Hasil Satuan	Ket
Tinggi Awal	H1	30	Cm
Penurunan	H2	23	Cm
Nilai <i>Slump</i>	H1-H2	7	Cm



Gambar 3. Pengujian *Slump Flow*

Dari tabel 6 dan gambar 3, terjadi penurunan sebesar 23 cm dari tinggi awal 30 cm sehingga nilai slump yang didapatkan sebesar 7 cm termasuk encer (ASTM C143-03, 2003; ASTM C1621, 2014). Beton dengan konsistensi yang lebih encer cenderung lebih mudah untuk diolah dan diproses. Hal ini terutama terlihat dalam kemudahan pencampuran, pemadatan, dan pengecoran material (Februari & Adnan, 2024).

Porositas

Tabel 7. Hasil Uji Porositas Beton

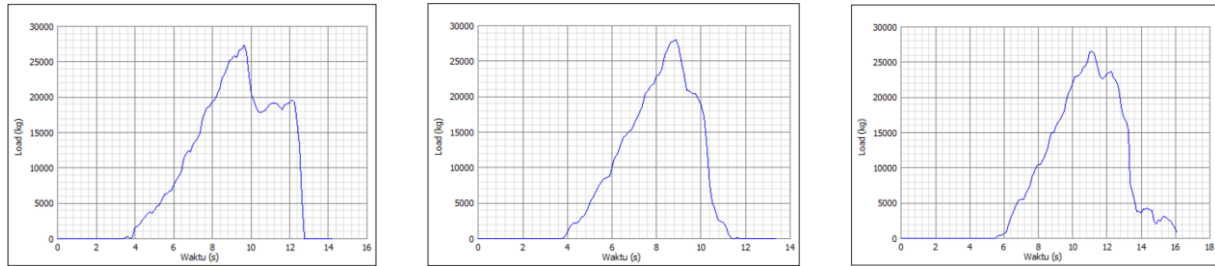
Sampel	Dalam Air (gr)	Kering (gr)	SSD (gr)	Porositas (%)	Rata-Rata (%)
1	11670	12340	12400	8,22%	8,05%
2	11590	12400	12440	4,71%	
3	11585	12060	12120	11,21%	

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai porositas rata-rata sebesar 8,05%, nilai ini termasuk rendah jika dibandingkan dengan standar porositas beton yaitu antara 12%-25% sehingga lebih padat dari beton standar (Yavuz et al., 2021). Nilai porositas yang rendah menunjukkan bahwa beton memiliki lebih sedikit rongga di antara butiran agregat dan campuran semen, sehingga memungkinkan lebih banyak material untuk memberikan dukungan struktural. Sehingga beton cenderung memiliki kuat tekan yang lebih tinggi (Yuan, 2022; Zada & Ali, 2023).

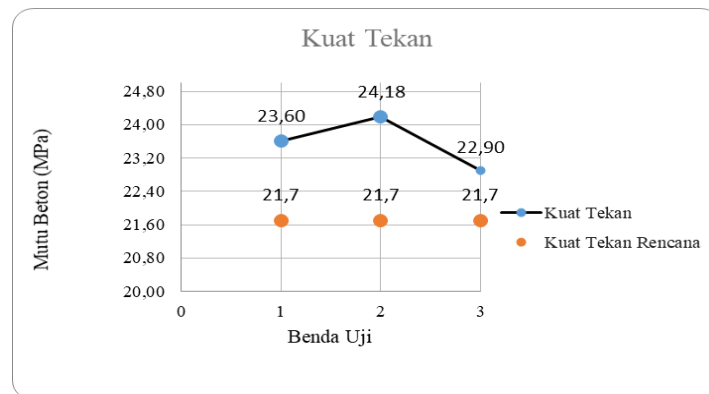
Kuat Tekan Beton

Tabel 7. Hasil Uji Porositas Beton

No	<i>Max Stress</i>		Umur		Mutu Beton F_c'		Av	
Sampel	Kg/Cm2	(Koreksi)	On GO	(Hari)	Konversi	(ACT)	(Mpa)	(Mpa)
1	154,578	2,20	157	7	0,651	241	23,60	23,56
2	158,433	2,20	161	7	0,651	247	24,18	
3	149,899	2,20	152	7	0,651	234	22,90	



Gambar 4. Compression testing machine



Gambar 5. Grafik Uji Kuat Tekan Beton

Dari tabel 7 dan gambar 4 dan 5 pengujian kuat tekan diperoleh hasil peningkatan mutu beton dibandingkan mutu rencana yaitu pada sampel pertama 23,60 MPa, pada sampel kedua 24,18 MPa, dan pada sampel ketiga diperoleh nilai sebesar 22,90 MPa dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 23,56 MPa yang telah melebihi target mutu rencana yaitu 21,7 MPa dengan demikian mengindikasikan bahwa porositas pada beton meningkatkan kepadatan dan kuat tekan (Mahardana et al., 2023).

4. KESIMPULAN

Dari berbagai pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan dari pengujian kelayakan agregat dinyatakan bahwa semua agregat yang diuji layak digunakan sebagai material penyusun beton, pengujian workability didapatkan hasil dengan kriteria encer sehingga kemampuannya untuk mengalir dengan lebih mudah ke dalam tempat sempit atau area yang sulit dijangkau selama proses pengecoran. Hasil inti dari pengujian benda uji dalam memenuhi hipotesis (H1) penelitian adalah sebagai berikut :

1. Hasil pengujian porositas benda uji beton dari penambahan Master Glenium ACE 8595 sejumlah 0,37% dari pengikat didapatkan nilai yang tergolong rigid yaitu sebesar 8,05% dari standar porositas beton sejumlah 12% hingga 25 %.
2. Hasil kuat tekan rata-rata dari ke 3 benda uji beton dengan penambahan Master Glenium ACE 8595 sejumlah 0,37% dari pengikat mendapatkan sebesar 23,56 Mpa dari target rencana 21,7 MPa. Formula pada penelitian ini mengindikasikan meningkatkan kepadatan beton sehingga terjadi peningkatan kuat tekan beton sebesar 8,69% dari mutu beton yang direncanakan.

Kesimpulan yang didapatkan adalah menunjukkan bahwa porositas beton menjadi salah satu faktor yang harus diperhatikan untuk meningkatkan kuat tekan beton, karena memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap kepadatan dan kuat tekan beton. Dengan menjaga porositas pada tingkat yang rendah dan kuat tekan beton pada tingkat yang tinggi, dapat memastikan bahwa struktur beton memiliki daya tahan yang baik terhadap beban dan lingkungan serta mengurangi resiko kerusakan dan perawatan.

DAFTAR PUSTAKA

642, A. C. (1997). Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete C642-97. *ASTM International, March*, 1–3.
Affandi, S., Mahardana, Z. B., Affandi, H. A., & Sahdana, O. H. (2023). *Meningkatkan Kualitas Kuat Tekan Beton Menggunakan Bahan Modifikasi Serat Baja*. 12(02), 95–100.
ASTM C-535. (2014). C131/C131M-14 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse

- Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. *Annual Book of American Society for Testing Materials ASTM Standards, West Conshohocken, USA, 03*, 1–3.
- ASTM C117. (2017). Standard Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing. *ASTM International*, 200, 1–3.
- ASTM C143-03. (2003). ASTM C 143/C 143M – 03 Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete. *Annual Book of ASTM Standards*, 1–4.
- ASTM C1621. (2014). C 1621M-09b “Standard Test Method for Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring.” *Annual Book of ASTM Standard*, i, 5.
- ASTM C40 / C40M - 16. (2016a). Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete. *Reproduction, August*, 1–2. <https://www.astm.org/Standards/C40.htm>
- ASTM C40 / C40M - 16. (2016b). Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete. *Reproduction, August*, 1–2.
- Domone, P. (1998). *Domone 1998.pdf*.
- Elrazek, M. A., & Shafy Gamal, Y. A. (2021). The Reliable Concrete Compression Strength Assessment by SCHMIDT Hammer for Different Concrete Grades. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1171(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1171/1/012004>
- Februari, N., & Adnan, A. (2024). *Inovasi Teknologi Beton Self Compacting Concrete Terhadap Panjang Pengaliran (L-Flow) Dengan Variasi Umur Perawatan Beton untuk meminimalisir penggunaan air pada campuran beton . Semaking besar pengurangan semen , proporsi semen terhadap campuran beton . 2(1)*.
- IS:383-. (2016). IS 383 (2016) :Coarse and Fine Aggregate for Concrete- Specification. In *Bureau of Indian Standard, BIS, New Delhi India 110002*.
- Kartini, W., & Sumaidi. (2021). Porosity Analysis and Compressive Strength of Normal Concrete with Synthetic Wood Waste Filler Additives. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1125(1), 012016. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1125/1/012016>
- Liu, J., Ren, F., & Quan, H. (2021). Prediction model for compressive strength of porous concrete with low-grade recycled aggregate. *Materials*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/ma14143871>
- Mahardana, Z. B., Pambudi, W. R., Emilia, O. F., Fasyaro, R. F., Aprinia, A. D., Mustafa, D. T., & Induwati, M. (2023). Meningkatkan Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Material Recycle Concrete Aggregate (RCA). *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 11(1), 1–8. <https://doi.org/10.33084/mits.v11i1.3627>
- Muhajir, I., Abror, A., & Zega, B. C. (n.d.). *PENGARUH KADAR LUMPUR MATERIAL TERHADAP KUAT TEKAN BETON PADA PC SPUN PILE DI PT JAYA BETON INDONESIA SURABAYA. 1(1)*.
- Nedeljković, M., Visser, J., Šavija, B., Valcke, S., & Schlangen, E. (2021). Use of fine recycled concrete aggregates in concrete: A critical review. *Journal of Building Engineering*, 38(January). <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102196>
- Paul Thanaraj, D., Kiran, T., Kanagaraj, B., Nammalvar, A., Andrushia, A. D., Gurupatham, B. G. A., & Roy, K. (2023). Influence of Heating–Cooling Regime on the Engineering Properties of Structural Concrete Subjected to Elevated Temperature. *Buildings*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/buildings13020295>
- Ridho, M., Wicaksono, S., Qoly, A., & Hidayah, A. (2017). *High Stength Concrete with high cement substitution by adding Fly ash , CaCO3 , Silica sand , and Superplasticizer. 020068*. <https://doi.org/10.1063/1.4976932>
- Sebastian, L., Syarifudin, A., & Alamsyah, A. (2021). Analisis Kuat Tekan Beton K.200 Dengan Menggunakan Limbah Pecahan Batu Bata Sebagai Pengganti Agregat Kasar. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 41–50. <https://doi.org/10.36546/tekniksipil.v10i1.459>
- Sipil, T., Perencanaan, D., Kamil, F., & Kurnila, N. (2023). Jurnal Konstruksi Dan Infrastruktur. *Jurnal Konstruksi*, XI(2), 77–88.
- SNI 03-2834-2000. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. *Sni 03-2834-2000*, 1–34.
- Yavuz, O., Kaplan, G., Gencil, O., Benli, A., & Sutcu, M. (2021). Physico-mechanical , durability and thermal properties of basalt fiber reinforced foamed concrete containing waste marble powder and slag. *Construction and Building Materials*, 288, 123128. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123128>
- Yuan, X. (2022). *Study on the mechanical properties and frost resistance of multiple modified concrete Study on the mechanical properties and frost resistance of multiple modi fi ed concrete. 3–14*.
- Zada, W., & Ali, Z. (2023). *Physico-mechanical and petrographic insights of Lockhart Limestone , sections of Islamabad ., 10, 33–45*.