

Received: September 2024

Accepted: Oktober 2024

Published: Oktober 2024

Pengaruh Bahan Tambah Glenium Terhadap Kekuatan Beton Porous

Anis Aulia Ulfa^{1*}, Karmila Achmad², Rahmat Bangun Giarto³

^{1,2,3}Politeknik Negeri Balikpapan

*Email: anis.aulia@poltekba.ac.id

Abstract

Balikpapan, as one of the key areas in East Kalimantan Province, frequently faces issues of flooding and landslides that cause damage to infrastructure, particularly roads. To address this damage, one solution that can be applied is the use of porous concrete, which allows water infiltration into the ground, reducing surface runoff. This research explores the strength of porous concrete with variations in aggregate sizes of 1/2 and 2/3, as well as the addition of fly ash (15%) and Glenium accelerator (0.08%). This study involves testing porous concrete materials using two types of coarse aggregates (sizes 1/2 and 2/3), tested on concrete cylinders with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm. Testing was conducted at the ages of 14 and 28 days to evaluate the effect of aggregate size variations, the addition of fly ash, and Glenium on the compressive strength of the concrete. The research results show that porous concrete with smaller aggregates (size 1/2) has a higher compressive strength compared to larger aggregates (size 2/3). Furthermore, the addition of Glenium SKY 8770 accelerator significantly enhances the compressive strength of the concrete at 14 and 28 days, accelerating the hydration and hardening process. This study provides a valuable contribution to the design of environmentally friendly pavements that are more resistant to flood-related damage.

Keywords: Porous concrete, glenium, fly ash.

Abstrak

Kota Balikpapan, sebagai salah satu wilayah penting di Provinsi Kalimantan Timur, sering menghadapi permasalahan banjir dan longsor yang menyebabkan kerusakan infrastruktur, khususnya pada jalan raya. Untuk mengatasi kerusakan ini, salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah penggunaan beton porous, yang memungkinkan peresapan air ke dalam tanah, mengurangi limpasan permukaan. Penelitian ini mengeksplorasi kekuatan beton porous dengan variasi agregat ukuran 1/2 dan 2/3 serta penambahan *fly ash* (15%) dan akselerator Glenium (0,08%). Penelitian ini melibatkan pengujian material beton porous dengan dua jenis agregat kasar (ukuran 1/2 dan 2/3) yang diuji pada silinder beton berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan pada umur 14 dan 28 hari untuk mengevaluasi pengaruh variasi ukuran agregat, penambahan *fly ash*, dan Glenium terhadap kekuatan tekan beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton porous dengan agregat lebih kecil (ukuran 1/2) memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan agregat yang lebih besar (2/3). Selain itu, penambahan akselerator Glenium SKY 8770 secara signifikan meningkatkan kekuatan tekan beton pada umur 14 dan 28 hari, mempercepat proses hidrasi dan pengerasan beton. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam perancangan perkerasan ramah lingkungan yang lebih tahan terhadap kerusakan akibat banjir.

Kata kunci: Beton porous, glenium, fly ash.

1. Pendahuluan

Kota Balikpapan, merupakan salah satu daerah penting di Provinsi Kalimantan Timur, yang dikenal karena keberadaan sektor ekonomi yang kuat, lokasi geografisnya yang strategis, dan keberagaman peninggalan arkeologisnya. Namun, tiap tahunnya, kota ini mengalami berbagai bencana alam, terutama banjir dan tanah longsor. Data dari BPBD Balikpapan mencatat bahwa antara Januari hingga November 2022, tercatat sebanyak 26 kejadian banjir di Kota Balikpapan [1].

Berdasarkan pengamatan Hatmoko [2] pada masa banjir dan setelah banjir, terlihat dampak yang signifikan terhadap kerusakan jalan. Kerusakan yang timbul karena terendahnya jalan semakin diperparah dengan adanya lalu lintas yang berlebihan melewati area tersebut.

Salah satu terobosan baru dalam pembuatan perkerasan di atas tanah yang bersifat ramah lingkungan adalah Beton Pori. Beton pori atau beton porous merupakan jenis beton khusus yang memiliki tingkat porositas tinggi, digunakan sebagai plat beton yang memungkinkan air hujan dan air dari sumber lain untuk meresapnya [3].

Kekuatan tekan dari beton tanpa pasir cenderung lebih rendah dibandingkan dengan beton konvensional karena tingkat porositas yang meningkat [4]. Namun dalam sebuah penelitian kuat tekan beton porous yang menggunakan variasi bahan pengisi *fly ash* (abu terbang) mencapai 21,44 MPa pada persentase *fly ash* sebesar 15% [5].

Pekerjaan perkerasan jalan diharapkan dapat diselesaikan dengan cepat untuk meminimalkan gangguan terhadap mobilitas masyarakat di sekitarnya. Glenium merupakan sebuah jenis bahan tambah kimia yang berfungsi sebagai pengurang kadar air (*water reducer*) dan mempercepat waktu pengikatan (*accelerator*). Sejalan dengan namanya sebagai pengurang kadar air, jenis aditif ini bermanfaat untuk mengurangi jumlah air dalam campuran tanpa mengurangi kemampuan kerja material. Selain itu, aditif ini juga memiliki kemampuan untuk mempercepat proses pengikatan dan

pengerasan beton yang memerlukan penyelesaian cepat, atau sebagai zat percepat pengeras (*accelerator*) [6].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengeksplorasi penggunaan *fly ash* dan Glenium dalam beton porous, namun belum banyak yang fokus pada pengaruh variasi ukuran agregat kasar terhadap sifat-sifat mekanis dan hidrolik beton porous. Sebagai contoh, Giarto [7] mengemukakan bahwa campuran semen dan agregat kasar dengan perbandingan 1:2 memberikan efektivitas yang lebih baik dibandingkan dengan perbandingan 1:3 dalam hal kekuatan dan stabilitas beton. Namun, penelitian ini belum membahas secara spesifik pengaruh variasi ukuran agregat kasar terhadap porositas dan kekuatan tekan beton porous.

Meski berbagai penelitian telah membahas beton porous dan potensi *fly ash* serta Glenium dalam meningkatkan sifat-sifatnya, masih terdapat kesenjangan pengetahuan mengenai pengaruh ukuran agregat kasar terhadap performa beton porous, terutama dalam kondisi lingkungan yang sering terkena banjir. Penelitian mengenai penggunaan variasi ukuran agregat, seperti batu pecah 1/2 dan 2/3, serta kombinasi bahan tambah seperti *fly ash* dan Glenium dalam meningkatkan kekuatan dan porositas beton porous masih terbatas.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja beton, penelitian selanjutnya dapat mengarah pada pengembangan metode produksi beton yang lebih efisien dan ramah lingkungan, yang dapat meningkatkan keberlanjutan industri konstruksi [8].

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab permasalahan tersebut dengan mengeksplorasi pengaruh ukuran agregat kasar (batu pecah 1/2 dan 2/3) terhadap kekuatan tekan dan porositas beton porous. Penambahan *fly ash* sebesar 15% dan Glenium sebesar 0,08% akan digunakan untuk meningkatkan kinerja beton. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting dalam pengembangan perkerasan beton porous yang lebih kuat dan efektif dalam menghadapi kondisi lingkungan

yang rentan terhadap banjir, terutama di wilayah seperti Kota Balikpapan.

2. Metoda Penelitian

Penelitian ini memerlukan berbagai alat dan bahan yang digunakan untuk mendukung pengujian sifat-sifat material serta proses pembuatan beton.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi satu set saringan ASTM, mesin pengayak, mesin Los Angeles, timbangan dengan ketelitian 0,1 gram, bekisting, piknometer, mixer beton, dan alat uji tekan beton. Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain agregat kasar, semen Portland, *fly ash*, Glenium, air, kapur, dan oli.

Pemeriksaan benda uji dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat dari agregat dan kondisi bahan uji yang akan digunakan. Pemeriksaan ini meliputi pemeriksaan agregat bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisis dari agregat yang akan digunakan. Pemeriksaan agregat kasar berupa pemeriksaan gradasi agregat kasar, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, pemeriksaan keausan agregat kasar, pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar, pemeriksaan kadar air agregat kasar, pemeriksaan berat satuan agregat kasar.

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini ada 2 jenis, yakni :

1. Agregat kasar yang lolos saringan 2/3 dan yang tertahan di saringan 1/2 100%
2. Agregat kasar yang lolos saringan 1/2 dan yang tertahan di saringan 2/3 100%

Rincian benda uji tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Benda Uji

Banyaknya agregat (%)		Bahan Tambah (%)	Kode Sampel
Ukuran agregat			
1/2	2/3		
0	100	0	A01
0	100	0,08	A1
50	50	0	B02
50	50	0,08	B2
100	0	0	C03
100	0	0,08	C3

Setiap variasi campuran dibuat sebanyak 4 sampel yang akan diuji kekuatannya pada umur 14 hari dan 28 hari. Pengujian kuat tekan

dilakukan terhadap benda uji berbentuk silinder (diameter 15 cm dan tinggi 30 cm) sesuai dengan prosedur SNI 1974:2011 mengenai metode pengujian kuat tekan beton [9].

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang telah dilakukan terhadap agregat kasar, diperoleh data komprehensif yang dapat dilihat secara rinci pada Tabel 2.

Tabel 2. Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Pemeriksaan	Jenis Agregat	Syarat	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Kadar Air	1/2	0,5%-2%	1,25%	Memenuhi syarat
		2/3		1,3%	Memenuhi syarat
2	Kadar Lumpur	1/2	<1%	0,62%	Memenuhi syarat
		2/3		0,32%	Memenuhi syarat
3	Berat Jenis Kering	1/2	<2,7	2,65	Memenuhi syarat
		2/3		2,58	Memenuhi syarat
	Berat Jenis SSD	1/2	2,68	Memenuhi syarat	
		2/3	2,62	Memenuhi syarat	
Berat Jenis Semu	1/2	2,70	Memenuhi syarat		
	2/3	2,67	Memenuhi syarat		
3	Penyerapan	1/2	<3%	1,217%	Memenuhi syarat
		2/3		1,43%	Memenuhi syarat
4	Keausan	1/2	<40%	24,85%	Memenuhi syarat
		2/3		11,79%	Memenuhi syarat

Berdasarkan rekapitulasi hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa seluruh parameter pengujian telah memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI.

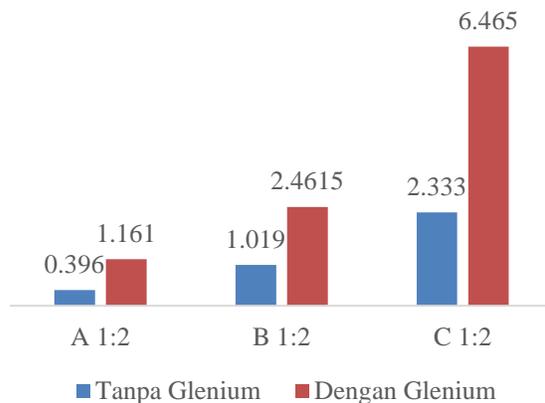
Uji tekan dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tekan dari setiap sampel beton porous, sehingga dapat dibandingkan pengaruh antara gradasi agregat yang seragam dan tidak seragam, baik dengan penambahan *fly ash* dan Master Glenium SKY 8770, maupun tanpa penambahan Master Glenium SKY 8770. Tabel

3 menyajikan hasil pengujian kuat lentur beton porous pada umur 14 hari.

Tabel 3. Hasil Kuat Tekan 14 Hari

Kode sampel	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Perbandingan (%)
A01	0.226 0.566	0.396	1.931818
A1	1.302 1.02	1.161	
B02	0.962 1.076	1.019	1.415604
B2	3.793 1.13	2.4615	
C03	2.231 2.435	2.333	1.77111
C3	6.39 6.54	6.465	
Perbandingan rata-rata (%)			1.706177291

Hasil uji kuat tekan yang tercantum pada Tabel 3 disajikan secara visual dalam bentuk grafik batang pada Gambar 1. Representasi grafis ini memudahkan analisis perbandingan data dan memberikan gambaran yang lebih jelas tentang variasi kekuatan tekan antar sampel yang diuji.



Gambar 1. Kuat Tekan Beton 14 Hari

Dari Tabel 3 dan Gambar 1 diketahui bahwa Sampel A (A01 dan A1) yang menggunakan 100% agregat ukuran 2/3 menghasilkan kuat tekan rata-rata terendah, yaitu 0.396 MPa. Hal ini dapat dijelaskan dengan pengaruh distribusi ukuran agregat pada

beton porous. Menurut penelitian sebelumnya, agregat dengan ukuran lebih besar cenderung menghasilkan rongga yang lebih besar antar-partikel, sehingga mengurangi area kontak antar-agregat dan mengurangi ikatan pasta semen pada agregat. Hal ini menyebabkan distribusi tegangan yang tidak merata, yang pada akhirnya menurunkan kuat tekan beton. Dengan kata lain, penggunaan agregat ukuran besar secara eksklusif tanpa pencampuran agregat yang lebih kecil menyebabkan peningkatan porositas yang berlebihan, yang berdampak negatif pada kekuatan mekanis beton porous.

Selain itu, penelitian oleh Giarto dkk [7] juga menunjukkan bahwa campuran agregat kasar dengan variasi ukuran yang lebih baik (misalnya kombinasi agregat ukuran besar dan kecil) mampu menghasilkan distribusi partikel yang lebih baik dan mengurangi rongga antar agregat, sehingga meningkatkan kekuatan tekan beton. Ini memperkuat temuan bahwa penggunaan agregat dari satu ukuran, terutama yang lebih besar, cenderung menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah. Penggunaan agregat yang lebih kecil, seperti 1/2, dapat membantu mengisi rongga di antara agregat besar dan memperbaiki ikatan struktural beton, yang pada akhirnya meningkatkan kekuatan tekan.

Sampel B (B02 dan B2) yang menggunakan campuran 50% agregat ukuran 1/2 dan 50% agregat ukuran 2/3 menunjukkan peningkatan kuat tekan rata-rata menjadi 1.019 MPa. Ini menunjukkan bahwa mencampur dua ukuran agregat memberikan pengaruh positif terhadap kuat tekan beton dibandingkan menggunakan agregat ukuran 2/3 saja.

Sampel C (C03 dan C3) yang menggunakan 100% agregat ukuran 1/2 memberikan kuat tekan rata-rata tertinggi, yaitu 2.333 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa agregat berukuran lebih kecil (1/2) memberikan kontribusi lebih besar terhadap kekuatan beton dibandingkan agregat berukuran lebih besar (2/3).

Pada setiap kelompok sampel (A, B, C), penambahan Master Glenium SKY 8770 (0,08%) memberikan peningkatan kuat tekan

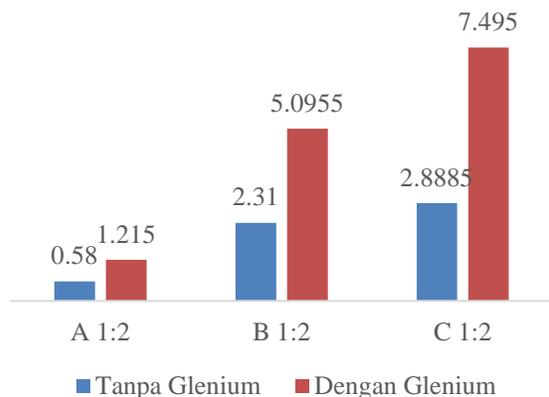
yang signifikan. Misalnya, pada kelompok sampel C (100% agregat ukuran 1/2), kuat tekan meningkat dari 2.231 MPa (tanpa bahan tambah) menjadi 6.39 MPa (dengan bahan tambah).

Hal yang sama terjadi pada sampel B, di mana kuat tekan meningkat dari 0.962 MPa (tanpa bahan tambah) menjadi 3.793 MPa (dengan bahan tambah). Pada kelompok A, meskipun peningkatan juga terjadi, namun kuat tekan rata-rata tetap lebih rendah dibandingkan sampel B dan C.

Tabel 4 dan Gambar 2 menyajikan hasil pengujian kuat lentur beton porous pada umur 14 hari.

Tabel 4. Hasil Kuat Tekan 14 Hari

Kode sampel	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Perbandingan (%)	
A01	0.58	0.58	1.094828	
	0.58			
A1	1.13	1.215		
	1.3			
B02	2.31	2.31		1.205844
	2.31			
B2	4.02	5.0955		
	6.171			
C03	2.887	2.8885	1.594772	
	2.89			
C3	7.69	7.495		
	7.3			
Perbandingan rata-rata (%)				1.298481372



Gambar 2. Kuat Tekan Beton 28 Hari

Secara umum, seluruh sampel menunjukkan peningkatan kuat tekan yang

signifikan dibandingkan dengan hasil pengujian pada umur 14 hari. Hal ini sesuai dengan karakteristik umum beton, di mana kekuatannya meningkat seiring bertambahnya umur beton [10].

Sampel A (A01 dan A1), yang menggunakan 100% agregat ukuran 2/3, memiliki kuat tekan rata-rata lebih rendah dibandingkan kelompok B dan C, dengan nilai 0.58 MPa untuk A01 dan 1.215 MPa untuk A1. Ini mengindikasikan bahwa penggunaan agregat berukuran besar tanpa campuran ukuran lain menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah.

Sampel B (B02 dan B2), yang merupakan campuran agregat ukuran 50% 1/2 dan 50% 2/3, menunjukkan peningkatan kuat tekan yang lebih baik dibandingkan kelompok A, dengan nilai rata-rata 2.31 MPa untuk B02 dan 5.0955 MPa untuk B2. Campuran agregat ini memberikan kontribusi yang lebih baik terhadap kuat tekan beton.

Sampel C (C03 dan C3), dengan 100% agregat ukuran 1/2, kembali menunjukkan performa terbaik dalam hal kuat tekan. Kuat tekan rata-rata untuk sampel C03 adalah 2.8885 MPa, sementara untuk C3 yang menggunakan bahan tambah mencapai 7.495 MPa, yang merupakan nilai tertinggi dari seluruh sampel.

Penambahan bahan Master Glenium SKY 8770 terus menunjukkan pengaruh positif yang signifikan terhadap peningkatan kuat tekan pada semua kelompok sampel. Pada kelompok A, peningkatan dari 0.58 MPa (tanpa bahan tambah) menjadi 1.215 MPa (dengan bahan tambah) terlihat jelas.

Peningkatan yang paling signifikan terlihat pada kelompok C, di mana penambahan bahan tambah meningkatkan kuat tekan dari 2.8885 MPa menjadi 7.495 MPa. Sama halnya pada kelompok B, penambahan bahan tambah meningkatkan kuat tekan dari 2.31 MPa (tanpa bahan tambah) menjadi 5.0955 MPa (dengan bahan tambah).

Temuan ini sejalan dengan penelitian Sefianti dkk [11], yang menyatakan bahwa penggunaan *superplasticizer* seperti Glenium dapat mempercepat waktu pengikatan dan

memperkuat beton dengan lebih efektif dibandingkan campuran tanpa bahan tambahan. Penelitian ini memperkuat pandangan bahwa penggunaan *superplasticizer* tidak hanya meningkatkan kelecakan tetapi juga secara signifikan mempengaruhi kuat tekan beton .

Rata-rata perbandingan kuat tekan untuk seluruh sampel adalah 1.2985%, yang menunjukkan konsistensi peningkatan kuat tekan antar variasi sampel. Sampel C3 kembali menunjukkan performa terbaik dengan perbandingan kuat tekan sebesar 7.3%, diikuti oleh sampel B2 dengan 6.171%.

Untuk mengamati sifat akselerator pada Master Glenium SKY 8770, dilakukan perbandingan kuat tekan beton porous pada umur 14 dan 28 hari. Pengujian ini bertujuan untuk menilai efektivitas akselerator dalam mempercepat perkembangan kekuatan awal beton.

Tabel 5. Perbandingan Kuat Tekan 14 dan 28 Hari

Kode Sampel	Umur (Hari)	Kuat Tekan	Perbandingan	Rata-rata
		Rata-rata (MPa)		
A01	14	0.396	1.464646	1.65656
	28	0.58		
B02	14	1.019	2.266928	
	28	2.31		
C03	14	2.333	1.238105	
	28	2.8885		
A1	14	1.161	1.046512	
	28	1.215		
B2	14	2.4615	2.070079	
	28	5.0955		
C3	14	6.465	1.159319	
	28	7.495		

Berdasarkan data di Tabel 5, terlihat bahwa: Sampel dengan Master Glenium SKY 8770 (A1, B2, C3) secara konsisten menunjukkan peningkatan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan sampel tanpa bahan tambah pada umur yang sama. Misalnya, sampel: B2 (dengan Master Glenium) mengalami peningkatan signifikan dari 2.4615 MPa (14 hari) menjadi 5.0955 MPa (28 hari), yang merupakan peningkatan hampir dua kali

lipat. Hal ini sesuai dengan ekspektasi bahwa akselerator akan mempercepat proses hidrasi dan meningkatkan kekuatan awal beton.

C3 yang juga menggunakan Master Glenium SKY 8770 memiliki peningkatan kuat tekan dari 6.465 MPa pada umur 14 hari menjadi 7.495 MPa pada 28 hari, menunjukkan bahwa bahan ini mampu mempercepat pencapaian kekuatan yang tinggi pada usia lebih awal dibandingkan beton biasa.

B02 (tanpa Master Glenium) juga menunjukkan peningkatan kuat tekan, dari 1.019 MPa (14 hari) menjadi 2.31 MPa (28 hari), namun peningkatan ini lebih rendah dibandingkan sampel B2 yang menggunakan akselerator. Demikian pula pada sampel C03 (tanpa Master Glenium), perbandingan peningkatannya lebih kecil dibandingkan C3 yang menggunakan akselerator. Hal ini menunjukkan bahwa akselerator memberikan pengaruh signifikan dalam meningkatkan kekuatan beton pada usia lebih muda (14 hari), sekaligus menjaga perkembangan kekuatan hingga 28 hari.

Penggunaan agregat berukuran lebih kecil (1/2) seperti pada sampel C memberikan hasil yang baik dalam pengembangan kuat tekan, namun penambahan Master Glenium SKY 8770 semakin mempercepat pencapaian kekuatan tersebut. Hal ini membuktikan bahwa akselerator bekerja lebih optimal pada campuran agregat yang sudah mendukung perkembangan kekuatan awal, seperti agregat berukuran lebih kecil.

Hasil penelitian Danabu [12] menunjukkan bahwa penambahan akselerator pada adukan beton mempercepat perkembangan kuat tekan beton, terutama pada umur 1 hari, bila dibandingkan dengan beton tanpa akselerator. Dengan demikian, kombinasi agregat kecil dan akselerator menghasilkan kekuatan yang lebih cepat dan efisien, terutama dalam fase awal pengikatan dan pengerasan.

4. Kesimpulan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton porous dengan agregat ukuran lebih kecil (1/2) menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi

dibandingkan agregat ukuran lebih besar (2/3). Penambahan akselerator Master Glenium SKY 8770 secara signifikan meningkatkan kuat tekan pada umur 14 dan 28 hari, mempercepat proses hidrasi semen dan meningkatkan kekuatan beton secara keseluruhan. Beton dengan 100% agregat ukuran 1/2 yang dicampur dengan akselerator memberikan hasil terbaik dengan kuat tekan tertinggi, baik pada umur 14 hari maupun 28 hari, dibandingkan dengan variasi agregat lain dan tanpa akselerator.

5. Saran

Disarankan untuk menggunakan agregat berukuran kecil atau campuran ukuran agregat untuk mencapai kekuatan beton yang optimal. Penggunaan akselerator Master Glenium SKY 8770 sangat dianjurkan untuk proyek yang memerlukan pencapaian kuat tekan awal yang cepat. Untuk evaluasi lebih menyeluruh, disarankan agar pengujian tidak hanya terbatas pada kuat tekan, tetapi juga mencakup uji lentur dan infiltrasi beton porous. Pengujian lentur akan memberikan wawasan tambahan mengenai kekuatan dan kekakuan beton, sementara uji infiltrasi penting untuk menilai performa beton dalam aplikasi yang memerlukan kemampuan peresapan air. Penelitian lebih lanjut dengan variasi dosis akselerator dan kombinasi agregat lainnya perlu dilakukan untuk menemukan komposisi terbaik, serta penerapan beton ini dapat dipertimbangkan pada konstruksi yang memerlukan waktu pengerjaan yang singkat.

6. Daftar Pustaka

- [1] Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Balikpapan, "Kajian Risiko Bencana Kota Balikpapan," pp. 1–96, 2022, [Online]. Available: <http://bpbd.balikpapan.go.id/content/46/kajian-resiko-bencana>
- [2] J. U. D. Hatmoko, B. H. Setiadji, and M. A. Wibowo, "Evaluasi Pengaruh Banjir, Beban Berlebih, Dan Mutu Konstruksi Pada Kondisi Jalan," *J. Transp.*, vol. 17, no. 2, 2017.
- [3] N. R. M. C. A. NRMCA, "CIP 38-Previous Concrete." 2004.
- [4] T. Abadjieva and P. Sefhiri, "Investigations on some properties of no-fines concrete," *Univ. Botswana, Botswana*, 2000.
- [5] M. B. Januar, "PENGUJIAN KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON POROUS DENGAN VARIASI BAHAN PENGISI FLY ASH (ABU TERBANG)." Universitas Islam Kalimantan MAB, 2021.
- [6] F. W. Yolanda, C. D. Mungok, and E. Samsurizal, "Studi Eksperimen Kuat Tekan Beton menggunakan Semen Ppc dengan Tambahan Glenium," *JeLAST J. PWK, Laut, Sipil, Tambang*, vol. 2, no. 2, 2015.
- [7] R. B. Giarto, K. Achmad, and A. A. Ulfa, "PEMANFAATAN ADMIXTURE SIKAVISCOCRETE DENGAN VARIASI CAMPURAN AGREGAT KASAR GUNA MENINGKATKAN KUAT TEKAN BETON TANPA PASIR," *Pros. SNITT POLTEKBA*, vol. 6, pp. 184–188, 2024.
- [8] A. Ulfa, M. Amalia, I. Dhana, E. Agustina, M. Ramadhan, and K. Abdillah, "Pengaruh Puntiran Serat Kaleng pada Kuat Tekan Beton," *JST (Jurnal Sains Ter.)*, vol. 10, no. 1, pp. 6–12, 2024.
- [9] B. S. Nasional, *SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. 2011.
- [10] M. Jikriyansyah, W. Wibowo, and S. Setiono, "Kajian Maturitas Beton untuk Memprediksi Nilai Kuat Tekan Beton dengan Penggunaan Variasi Semen yang Beredar di Pasaran," *Sustain. Civ. Build. Manag. Eng. J.*, vol. 1, no. 2, p. 9, 2024.
- [11] R. Sefiyanti *et al.*, "Increasing Compressive Strength of Self Compacting Concrete with MasterGlenium and MasterSure," *UKaRsT*, vol. 8, no. 1, pp. 42–54, 2024.
- [12] D. TERBANG, "PENGUNAAN AKSELERATOR PADA BETON YANG MENGGUNAKAN PEREKAT BERUPA CAMPURAN SEMEN PORTLAND TIPE I".