

PENGARUH PENGGUNAAN *FLY ASH* TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON *HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE)*

(The Effect of Fly ash Usage on The Mechanical Properties of High Density Polyethylene (HDPE)
Concrete)

Rayinda Aulia Massigidi¹, Fadli Kurnia¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Pancasila¹

E-mail: rayindamassigid@gmail.com

Diterima 18 September 2024, Disetujui 15 November 2024

ABSTRAK

Penggunaan fly ash sebagai substitusi semen dalam campuran beton high density polyethylene (HDPE) telah menarik perhatian dalam industri konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan fly ash terhadap beton campuran High Density Polyethylene (HDPE) dengan kadar 5%. Metode penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental yang melibatkan pembuatan rangkaian campuran beton HDPE dengan variasi kadar fly ash 22%, 25%, dan 27%. Penelitian ini mengevaluasi pengaruh penambahan HDPE kadar 5% dengan variasi fly ash 22%, 25%, dan 27% terhadap kuat tekan beton. Hasil eksperimen menunjukkan peningkatan kuat tekan dari 7 hari hingga 28 hari. Pada hari ke-14, beton normal (BN) memiliki kuat tekan tertinggi sebesar 24,90 MPa, sementara variasi BPF 25% mengalami penurunan karena perbedaan metode pencampuran. Pada hari ke-28, penambahan fly ash 27% pada beton dengan HDPE 5% memberikan hasil terbaik sebesar 21,13 MPa, melebihi target perencanaan (18,6 MPa). Variasi BPF 25% dan BPF 27% menunjukkan performa lebih baik dibandingkan beton normal, dengan BPF 27% mencapai hasil di atas target. Proporsi kuat tarik terhadap kuat tekan berkisar antara 12,40% hingga 15,61%, dengan BPF 27% menunjukkan proporsi tertinggi. Optimalisasi proporsi bahan tambahan seperti HDPE dan fly ash terbukti meningkatkan sifat mekanis beton, terutama dalam hal kuat tarik.

Kata kunci: Beton Campuran, *Fly Ash*, *High Density Polyethylene (HDPE)*, Kuat Tarik, Kuat Tekan

ABSTRACT

The use of fly ash as a cement substitute in high-density polyethylene (HDPE) concrete mixtures has garnered attention in the construction industry. This research aims to analyze the impact of using fly ash on HDPE concrete mixtures with a 5% HDPE content. The research employs an experimental quantitative approach involving the creation of a series of HDPE concrete mixtures with fly ash content variations of 22%, 25%, and 27%. This study evaluates the effect of adding 5% HDPE with fly ash variations of 22%, 25%, and 27% on the compressive strength of the concrete. Experimental results showed an increase in compressive strength from 7 days to 28 days. On the 14th day, normal concrete (BN) had the highest compressive strength of 24.90 MPa, while the 25% BPF variation experienced a decrease due to differences in the mixing method. On the 28th day, the addition of 27% fly ash to the concrete with 5% HDPE yielded the best result of 21.13 MPa, exceeding the planning target (18.6 MPa). The 25% and 27% BPF variations demonstrated better performance compared to normal concrete, with the 27% BPF achieving results above the target. The tensile strength to compressive strength ratio ranged from 12.40% to 15.61%, with the 27% BPF showing the highest ratio. Optimizing the proportions of additives like HDPE and fly ash has proven to enhance the mechanical properties of the concrete, particularly in terms of tensile strength.

Keywords: Mixed Concrete, *Fly ash*, *High Density Polyethylene (HDPE)*, Compressive Strength, Tensile Strength

PENDAHULUAN

Keinginan akan beton dalam dunia industri konstruksi Indonesia setiap tahunnya semakin meningkat, melihat peningkatan tersebut maka semakin banyak gagasan serta inovasi mengenai beton yang efisien dan ekonomis. Dengan sumber daya alam (SDA) yang terbatas serta muatannya di eksploitasi, mengakibatkan SDA tersebut berkurang dan lambat laun habis hanya untuk kebutuhan pembuatan beton. Eksploitasi tersebut perlu menjadi perhatian seluruh masyarakat sebagai salah satu tindakan preventif untuk mengurangi dampak yang akan terjadi seterusnya.

Sejauh ini penggunaan limbah sebagai pengganti agregat mayoritas dipakai pada beton konvensional yang digunakan dalam perkerasan kaku dan gedung bertingkat. Limbah tersebut ditambahkan ke dalam beton yang salah satunya sebagai pengganti bahan tambah pada agregat halus. Beberapa penelitian sudah dilaksanakan untuk menganalisa pengaruh limbah terhadap karakteristik beton, contohnya plastik berbahan dasar *High Density Polyethylene* (HDPE).

Dari produksi plastik global, polipropilena (PP) dan polietilena densitas rendah (LDPE) masing-masing menyumbang 17% dan 16%, diikuti oleh polietilena densitas tinggi (HDPE) (13%) dan poliiftalamida (PP&A) (13%). Selain itu, aditif yang digunakan dalam pembuatan produk plastik juga memiliki porsi yang signifikan dalam produksi plastik global (6%) [1]. Konsumsi plastik yang melejit di seluruh dunia menyebabkan penumpukan limbah yang melimpah serta menambah masalah pada lingkungan. *High Density Polyethylene* (HDPE) ialah satu diantara bentuk plastik yang umum. HDPE sering dianggap aman untuk penggunaan rutin oleh masyarakat umum karena karakteristik bawaannya, seperti berkecenderungan lebih keras dan kemampuannya menahan suhu tinggi (hingga sekitar 120°C). Dikarenakan sifat-sifat ini, HDPE banyak dimanfaatkan dalam barang-barang plastik sehari-hari seperti kantong plastik, wadah makanan, alat kelengkapan pipa, botol susu bayi, serta produk sejenis lainnya [2]. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh [3], kuat tekan benda uji plastik HDPE sebesar 5% pada umur 28 hari memperlihatkan bahwa nilai kuat tekan tersebut mendekati hasil kuat tekan beton normal. Sehingga penambahan plastik HDPE sebesar 5% menunjukkan proporsi yang tepat dalam melakukan pencampuran HDPE ke dalam beton.

Memasukkan limbah plastik daur ulang ke dalam produksi beton merupakan pendekatan berkelanjutan untuk membuang limbah plastik dan mengatasi kelangkaan agregat, karena keuntungan ekonomi dan ekologisnya. Komposit beton menggantikan berbagai jenis plastik daur ulang dalam bentuk agregat, pengikat, pengisi atau penguat serat dalam proporsi berbeda yang mengoptimalkan sifat beton [4]. PP, PET dan HDPE merupakan plastik yang paling banyak digunakan dalam industri konstruksi. Akan tetapi, aplikasi dan studi penelitian tentang HDPE yang digunakan pada beton sangat minim dibandingkan dengan PP dan PET.

Beton mutu tinggi mempunyai proporsi khusus dalam penggunaan semen yang lebih banyak demi mencapai kadar optimumnya, tetapi dengan biaya yang tinggi, maka diperlukan suatu substitusi material pada campuran beton bermutu tinggi untuk meminimalisir penggunaan semen, salah satunya menggantikan sebagian semen dengan *fly ash*. *Fly ash* merujuk pada material sisa yang diciptakan dari pembakaran/pengolahan batu bara. Ini mencakup berbagai

partikel kecil yang dipindahkan dari ruang bakar ke boiler dan keluar sebagai semburan asap [5].

Energi adalah inti dari tujuan pembangunan berkelanjutan. Menurut Badan Energi Internasional (IEA), permintaan listrik di seluruh dunia diperkirakan akan meningkat sebesar 5% pada tahun 2021 dan 4% pada tahun 2022. Output listrik berbahan bakar batu bara akan tumbuh lebih dari 5% pada tahun 2021, melampaui tingkat sebelum pandemi, setelah turun sebesar 4,6% pada tahun 2020. Pada tahun 2022, diperkirakan akan meningkat sebesar 3% lagi, mungkin mencapai titik tertinggi sepanjang masa (Laporan Pasar Listrik IEA, 2021). Akibatnya, sejumlah besar abu terbang (*fly ash*) akan dihasilkan di pembangkit listrik berbahan bakar batu bara, yang menimbulkan kekhawatiran besar di seluruh dunia. Namun, sejumlah besar *fly ash* yang diproduksi dapat digunakan sebagai pengganti semen dalam beton [6].

Sekitar 700 juta ton produk sampingan diproduksi setiap tahun di seluruh dunia, yang 70%-nya adalah abu terbang (*fly ash*/FA). Beton FA tampaknya menawarkan solusi terbaik untuk mengurangi konsumsi semen karena sejumlah besar FA dapat diperoleh dengan biaya yang murah [7]. Oleh karena itu, masyarakat yang bertanggung jawab terhadap lingkungan harus mengembangkan infrastruktur rendah karbon melalui penggunaan semen yang optimal dan penggunaan FA yang tepat, produk sampingan limbah yang dapat mencemari sumber daya air, udara, dan tanah di sekitarnya secara signifikan. Daripada dibuang, FA dapat bermanfaat baik secara lingkungan maupun ekonomis jika digunakan dalam beton [8].

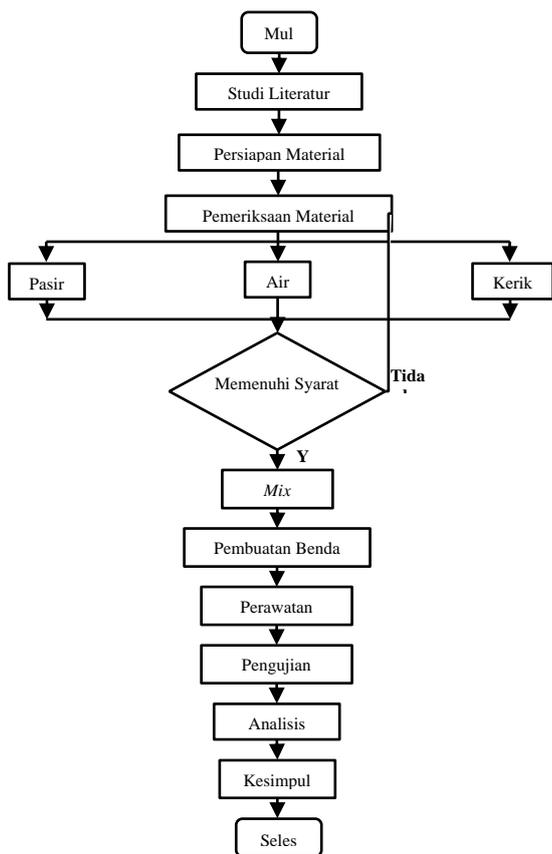
Sehingga, satu diantara teknik untuk menghindari pencemaran lingkungan akibat produk samping tersebut adalah dengan memanfaatkannya sebagai pengganti sebagian semen. Penyerapan *fly ash* pada campuran beton bisa memberi peningkatan pada kepadatan beton dengan mengisi ruang kosong antar partikel agregat dengan *fly ash*. *Fly ash*, bila dimanfaatkan sebagai bahan tambahan ataupun alternatif lainnya dalam produksi beton, bereaksi dengan kapur bebas yang dibentuk selama proses hidrasi semen karena adanya silika pada *fly ash* [9]. Salah satu penelitian terdahulu, dengan penambahan *fly ash* variasi 7%, 14%, dan 21% dalam campuran beton normal menunjukkan beton memiliki kuat tekan yang hampir sama dengan kuat tekan beton normal [10].

Mengangkat dari permasalahan tersebut maka dibuatlah terobosan baru dalam memanfaatkan beton campuran HDPE yang dikombinasikan dengan penambahan kadar *fly ash* dalam pembuatan beton, sehingga dapat menemukan desain campuran ideal serta mengurangi dampak lingkungan yang akan terjadi kedepannya. Dalam penelitian ini, peneliti berupaya untuk meminimalisir pemanfaatan semen dengan mengganti sebagian semen dengan *fly ash* pada beton HDPE, sementara untuk mempermudah dalam proses pekerjaan.

METODE

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif eksperimental. Penelitian dimulai dari menguji bahan material, *mix design*, serta pengujian kuat tekan beton dilaksanakan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Pancasila Jakarta yang berlokasi di Jl. Lenteng Agung Raya No.56, RT.1/RW.3, Srengseng Sawah, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12630. Sebelum melakukan penelitian, tentunya

diperlukan proses secara bertahap. Berikut adalah diagram alir penelitian ini.



Gambar 1. Flowchart

Berbagai bahan yang dimanfaatkan penggunaannya pada penelitian ini meliputi:

Tabel 1. Material yang digunakan

No.	Bahan	Nama Material	Kategori	Sumber Material
a.	Agregat Kasar	Split 10-25 Rumpin	-	PT. Mustika Purbantara Utama
b.	Agregat Halus	Pasir Tayan	-	PT. Sino Persada Indonesia
c.	Semen	Tiga Roda Semen	Portland Cement Type I	PT. Indocement Tunggul Prakarsa Tbk
d.	Fly ash	FA PLTU Suralaya	Kelas F	PT. SINARFAJAR CAHAYA SURYATAMA
e.	High Density Polyethylene (HDPE)	-	-	Tri Setyo Plastik, Sidoarjo, Jawa Timur
f.	Air	-	pH 7.0	Laboratorium Teknik Sipil Universitas Pancasila, Jakarta

Fly ash Kelas F mencakup abu terbang batu bara yang menepati kriteria Kelas F. Abu terbang ini bersifat pozzolanik, yang umumnya diperoleh dari pembakaran batubara antrasit atau bituminous, meskipun bisa juga diperoleh dari batu bara subbituminous dan lignite. Fly ash umumnya dapat menggantikan peran semen Portland pada

beton dikarenakan memiliki sifat pozzolanik. Hal tersebut memperlihatkan kenaikan yang bertahap dalam sisi kekuatan serta durabilitas dari beton. Fly ash disebut bisa menggantikan semen sampai dengan 30% dari berat semen yang digunakan serta terbukti bisa menambah mutu beton serta ketahanannya atas bahan kimia. Selain itu fly ash bisa memberi peningkatan pada workability dari semen dengan mengurangi air pada campuran tersebut. Berikut sifat fisik dari fly ash:

Tabel 2. Sifat Fisik Fly ash

Variabel	Fly ash
Kehalusan Butir	5% - 27% lolos saringan 45 millimicron
Berat Jenis	2,15 g/cm ³ - 2,8 g/cm ³
Waktu Pengikatan Awal	423 menit
Specific Gravity	2,15 - 2,6
Variabel	Fly ash
Suhu Pengikatan	24°C - 27°C

Fly ash memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dibandingkan semen, sehingga memungkinkannya secara efektif menempati ruang kosong.

Pembuatan benda uji merupakan langkah awal yang esensial dalam rangkaian pengujian material konstruksi. Proses ini bertujuan untuk menyiapkan sampel uji yang representatif dari material yang akan digunakan di lapangan, sehingga hasil pengujian dapat memberikan gambaran akurat mengenai karakteristik dan performa material tersebut. Pembuatan sampel uji merujuk kepada SNI 03-2493-2011, proses pembuatan beton menggunakan cetakan silinder 10 cm × 20 cm serta sampel uji beton normal dan beton HDPE kadar 5% dengan variasi fly ash 22%, 25% dan 27%. Dimana angka terlihat melalui tabel di bawah ini:

Tabel 3. Pembuatan Benda Uji

Benda Uji (Silinder 10 cm × 20 cm)	Kode Benda Uji	Jumlah Pengujian Kuat Tekan (Umur Beton)			Jumlah Benda Uji
		7 Hari	14 Hari	28 Hari	
Beton Normal	BN	3	3	4	10
Beton HDPE Kadar 5% variasi Fly ash 22%	BPF 22%	3	3	4	10
Beton HDPE Kadar 5% variasi Fly ash 25%	BPF 25%	3	3	4	10
Beton HDPE Kadar 5% variasi Fly ash 27%	BPF 27%	3	3	4	10
Jumlah Benda Uji					40

Berdasarkan perhitungan mix design beton konvensional (normal) dengan kekuatan K-225 atau f'c 18,6 MPa dapat dilihat tabel di bawah ini.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Mix Design K-225

No.	Uraian	Hasil	Keterangan
1.	Mutu Beton pada umur 28 Hari	225 kg/cm ²	
2.	Standar Deviasi	1 kg/cm ²	diketahui
3.	Nilai Margin	1,64 kg/cm ²	
4.	Kuat Tekan Rencana	232 kg/cm ²	SNI-1974-1990
5.	Jenis Semen	Type 1	
6.	Jenis Agregat Kasar	Batu pecah	
7.	Bj SSD Agregat Kasar	2,21	Pengujian Lab
8.	Jenis Agregat Halus	alami	
9.	Bj SSD Agregat Halus	2,19	Pengujian Lab
10.	Faktor Air Semen (fas)	0,68	Faktor air semen kuat tekan silinder
	Faktor Air Semen (fas) MAX.	0,7	SNI 15-2049-2004
	*pilih yang paling kecil	0,6	
11.	Diameter Maksimum Agregat	10 mm	Sesuai analisa ayak
12.	Nilai Slump Rencana	12 cm	
13.	Kadar Air Bebas (w)	205	
		215	
14.	Kadar semen	316,176 kg/cm ³	
		316 kg/cm ³	
15.	Kadar Semen Minimum	275 kg/cm ³	SNI-1974-1990
16.	Susunan Butiran Agregat Halus	Zona II	
17.	% Agregat Halus	44%	Tabel proporsi agregat halus
18.	% Agregat Kasar	56%	
19.	Bj Agregat Gabungan	2,2	
20.	Berat Isi Beton	2150 kg/cm ³	Tabel berat jenis beton
21.	Kadar Agregat Gabungan	1619 kg/cm ³	
22.	Kadar Agregat Halus	712,282 kg/cm ³	
23.	Kadar Agregat Kasar	906,541 kg/cm ³	

Berikut adalah kebutuhan Bahan Sekali Adukan K-225 Setelah Koreksi:

Tabel 5. Kebutuhan Bahan

Kebutuhan Bahan BN Per - m3 Beton						
No.	Semen (Kg)	Air (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Agregat Halus (Kg)		
1.	1	1	3	2		
Kebutuhan Bahan Per - m3 Beton HDPE 5% variasi Fly ash 22%						
No.	Semen (Kg)	Fly ash (Kg)	Air (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	HDPE 5% (Kg)	Agregat Halus (Kg)
1.	0,78	0,22	1	2,85	0,15	2
Kebutuhan Bahan Per - m3 Beton HDPE 5% variasi Fly ash 25%						
No.						

	Semen (Kg)	Fly ash (Kg)	Air (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	HDPE 5% (Kg)	Agregat Halus (Kg)
1.	0,75	0,25	1	2,85	0,15	2

Kebutuhan Bahan Per - m3 Beton HDPE 5% variasi Fly ash 27%						
No.	Semen (Kg)	Fly ash (Kg)	Air (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	HDPE 5% (Kg)	Agregat Halus (Kg)
1.	0,73	0,27	1	2,85	0,15	2

HASIL DAN PEMBAHASAN

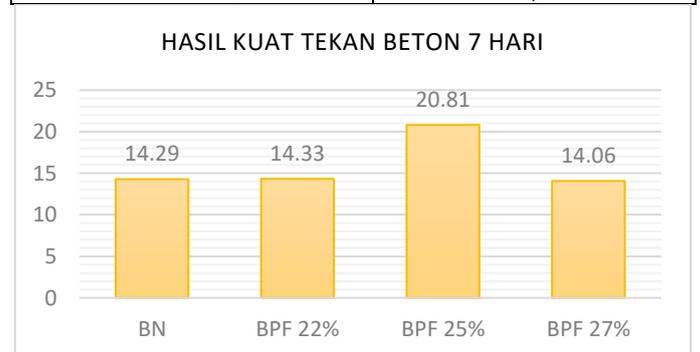
Kuat Tekan

Terdapat satu campuran beton normal dan tiga variasi beton campuran HDPE 5% dengan kandungan fly ash 22%, 25%, dan 27% dan tiga benda uji/sampel untuk masing-masing variasi yang akan di analisa. Setiap benda uji memiliki nilai kuat tekan yang tidak jauh berbeda, sehingga hasil tiga benda uji setiap variasi dapat dirata-ratakan. Kuat tekan beton yang direncanakan adalah K-225 atau f'c 18,6 MPa.

1. Kuat Tekan Beton 7 Hari:

Tabel 6. Kuat Tekan Beton 7 Hari

Variasi/Kode Benda Uji	Hasil Kuat Tekan (MPa)
BN	14,29
BPF 22%	14,33
BPF 25%	20,81
BPF 27%	14,06



Gambar 2. Diagram Kuat Tekan Beton 7 Hari

Pada hari ke-7, variasi BPF 25% menunjukkan hasil kuat tekan yang paling tinggi dibandingkan dengan beton normal (BN) dan variasi lainnya, yaitu sebesar 20,81 MPa. Sementara itu, hasil kuat tekan BPF 22% dan BPF 27% hampir setara dengan beton normal.

2. Kuat Tekan Beton 14 Hari:

Tabel 7. Kuat Tekan Beton 14 Hari

Variasi/Kode Benda Uji	Hasil Kuat Tekan (MPa)
BN	24,90
BPF 22%	15,07
BPF 25%	20,07
BPF 27%	16,85



Gambar 3. Diagram Kuat Tekan Beton 14 Hari

Pada hari ke-14, beton normal (BN) menunjukkan hasil kuat tekan tertinggi sebesar 24,90 MPa. Variasi BPF 25% mengalami penurunan dibandingkan hari ke-7 tetapi masih lebih tinggi dibandingkan BPF 22% dan BPF 27%. Hasil kuat tekan BPF 22% dan BPF 27% meningkat namun masih lebih rendah dari beton normal.

3. Kuat Tekan Beton 28 Hari:

Tabel 8. Kuat Tekan Beton 28 Hari

Variasi/Kode Benda Uji	Hasil Kuat Tekan (MPa)
BN	23,46
BPF 22%	16,47
BPF 25%	18,08
BPF 27%	21,13



Gambar 4. Diagram Kuat Tekan Beton 28 Hari

Pada hari ke-28, variasi BPF 27% menunjukkan hasil kuat tekan tertinggi sebesar 21,13 MPa, mendekati nilai kuat tekan yang direncanakan (18,6 MPa), dan nilai kuat tekan beton normal mengalami penurunan yang hanya mencapai 23,46 MPa. BPF 25% dan BPF 22% menunjukkan peningkatan, namun masih di bawah target kuat tekan. Maka dari hal tersebut terdapat beberapa pembahasan yakni:

1. Pengaruh Waktu:

- o Semua variasi beton menunjukkan peningkatan kuat tekan dari 7 hari hingga 28 hari, yang sesuai dengan karakteristik umum beton yang menguat seiring waktu.

2. Pengaruh Penambahan HDPE dan *Fly ash*:

- o Penambahan HDPE dan *fly ash* dalam campuran beton mempengaruhi hasil kuat tekan beton pada berbagai umur. Pada hari ke-7, BPF 25%

menunjukkan peningkatan kuat tekan yang signifikan. Namun, pada hari ke-14, peningkatan ini tidak berlanjut dan justru beton normal menunjukkan hasil yang lebih baik.

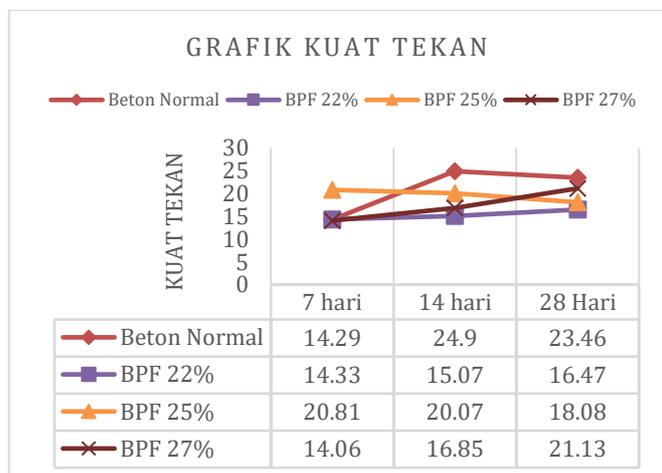
- o Pada hari ke-28, variasi BPF 27% menunjukkan hasil yang paling optimal dengan kuat tekan 21,13 MPa, mendekati target perencanaan dan lebih baik dibandingkan beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa pada umur beton yang lebih lama, penambahan HDPE dan *fly ash* dengan kadar yang tepat dapat meningkatkan performa kuat tekan beton.
 - o Berdasarkan data di atas, penambahan *fly ash* 27% pada beton dengan HDPE 5% menunjukkan hasil kuat tekan terbaik pada hari ke-28. *Fly ash* 25% memberikan hasil yang baik pada awalnya, tetapi tidak bertahan dalam jangka waktu yang lebih lama. Sementara itu, *fly ash* 22% tidak memberikan peningkatan yang signifikan dalam kuat tekan beton.
- 3. Perbandingan dengan Target Perencanaan (K-225 atau $f'c$ 18,6 MPa):**
- o Variasi BPF 25% dan BPF 27% menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan beton normal, dengan BPF 27% mencapai hasil yang sangat dekat dengan target pada hari ke-28.
 - o Beton normal (BN) mencapai kuat tekan yang cukup tinggi pada 28 hari, sedangkan variasi BPF dengan *fly ash* menunjukkan hasil yang bervariasi namun cenderung lebih rendah dari beton normal. BPF 27% melewati nilai kuat tekan yang direncanakan, hal ini menunjukkan bahwa variasi *fly ash* yang lebih tinggi dalam campuran HDPE mungkin lebih efektif dalam mencapai kuat tekan yang diinginkan.
- 4. Optimalisasi Campuran Beton:**
- o Berdasarkan hasil pengujian, variasi BPF 27% adalah campuran yang paling optimal di antara variasi lainnya dalam hal mencapai kuat tekan yang direncanakan. Penambahan HDPE dan *fly ash* dalam persentase yang tepat dapat meningkatkan kekuatan beton seiring dengan bertambahnya umur beton.
 - o Hasil ini menunjukkan pentingnya menentukan proporsi optimal dari bahan tambahan seperti *fly ash* dan HDPE untuk mencapai kuat tekan yang diinginkan. Penambahan HDPE mungkin perlu dioptimalkan dengan proporsi *fly ash* tertentu untuk mendapatkan hasil yang paling efisien.
- 5. Penurunan Kuat Tekan:**
- o Beton normal mengalami sedikit penurunan kuat tekan dari hari ke-14 ke hari ke-28, yang mungkin disebabkan oleh faktor pengujian atau lingkungan.
 - o Variasi BPF 25%, juga menunjukkan penurunan dari hari ke-7 hingga hari ke-28. Hal tersebut dikarenakan metode pencampuran benda uji/sampel untuk umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari tidak dilakukan pada hari yang sama atau hari yang berbeda. Oleh karena itu metode pencampuran BPF 25% yang berbeda menjadi salah satu penyebab beton variasi tersebut menurun dari hari ke-7 hingga hari ke-28.

Dari hasil pengujian di atas, dapat disimpulkan bahwa variasi beton dengan *fly ash* 27% pada beton HDPE 5%

memberikan kuat tekan terbaik pada umur 28 hari. Beton normal juga menunjukkan hasil yang baik pada hari ke-14, meskipun ada penurunan pada hari ke-28. Variasi *fly ash* yang lebih rendah tidak memberikan hasil yang sebaik *fly ash* 27%. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengkonfirmasi temuan ini dan mengeksplorasi optimasi campuran untuk memahami interaksi antara HDPE dan *fly ash* dalam beton serta efek jangka panjangnya terhadap kekuatan dan durabilitas beton sehingga mendapatkan hasil kuat tekan yang maksimal.

Kuat Tarik

Secara umum, beton dengan campuran HDPE dan *fly ash* menunjukkan proporsi kuat tarik terhadap kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan HDPE dan *fly ash* dapat meningkatkan kemampuan beton untuk menahan gaya tarik. Berikut tabel hasil pengujian kuat tarik beserta hasil persentase terhadap nilai kuat tekan pada umur 28 hari.



Gambar 5. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton

Tabel 9. Hasil Kuat Tarik dan Persentase Perbandingan Kuat Tarik Terhadap Kuat Tekan

Variasi/ Kode Benda Uji	Hasil Kuat Tekan (MPa)	Hasil Kuat Tarik (MPa)	Persentase Hasil Perbandingan Kuat Tarik Terhadap Kuat Tekan
BN	23,46	2,91	12,40 %
BPF 22%	16,47	2,45	14,87 %
BPF 25%	18,08	2,67	14,76 %
BPF 27%	21,13	3,30	15,61 %

Persentase perbandingan kuat tarik terhadap kuat tekan berkisar antara 12,40% hingga 15,61%, dengan variasi BPF 27%.

Penambahan HDPE dan *fly ash* pada beton memberikan dampak signifikan terhadap hasil kuat tekan beton. Variasi campuran BPF 27% menunjukkan hasil yang paling optimal dan mendekati target kuat tekan yang direncanakan (18,6 MPa) pada hari ke-28. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan tambahan seperti HDPE dan *fly ash* dengan komposisi yang tepat dapat meningkatkan kualitas dan performa beton.



Gambar 5. Gagal Gabungan Pada BN



Gambar 6. Gagal Gabungan Pada BPF 22%



Gambar 7. Gagal Gabungan Pada BPF 25%



Gambar 8. Gagal Gabungan Pada BPF 27%

Pembahasan

Beton normal memiliki kuat tarik 2,91 MPa, dengan persentase perbandingan terhadap kuat tekan sebesar 12,40%. Nilai ini dapat digunakan sebagai dasar untuk membandingkan performa variasi campuran beton dengan HDPE dan *fly ash*. Beton dengan *fly ash* 22% menunjukkan /kuat tarik sebesar 2,45 MPa. Persentase perbandingan kuat tarik terhadap kuat tekan sebesar 14,87% lebih tinggi daripada beton normal. Meskipun kuat tekan lebih rendah, proporsi kuat tarik terhadap kuat tekan lebih tinggi.

Beton dengan *fly ash* 25% memiliki kuat tarik 2,67 MPa dengan persentase perbandingan 14,76%. Ini juga menunjukkan peningkatan dalam proporsi kuat tarik terhadap kuat tekan dibandingkan beton normal. Beton dengan *fly ash* 27% menunjukkan kuat tarik tertinggi sebesar 3,30 MPa dengan persentase perbandingan 15,61%. Ini menunjukkan performa terbaik dalam hal proporsi kuat tarik terhadap kuat tekan.

Tamrin dan Nurdiana [11] menyampaikan bahwa beton memiliki sifat-sifat yang sensitif terhadap jenis bahan tambahan yang berada di luar yang ditentukan dalam desain campuran pekerjaan tradisional. Kekuatan beton bergantung pada jenis dan ukuran agregat yang digunakan [12,13,14], dan bahan aditif yang berbeda menghasilkan variasi dalam kekuatan tarik dan kekuatan tekan [15,16,17,18]. Plastik sekali pakai dianggap cocok untuk dibuang sebagai campuran dalam beton, sebagai bahan yang dapat digunakan kembali rendah karbon, misalnya, PET

(polietilen tereftalat) [19] dan HDPE (polietilen densitas tinggi) [20]. Keuntungan menggunakan tambahan plastik dalam beton adalah bahwa mereka ringan, lebih tahan terhadap cuaca, tahan air [28], dan memberikan sifat isolasi termal [21,22]. Namun, dibandingkan dengan PET, HDPE memiliki ketahanan suhu yang lebih tinggi daripada PET (meleleh pada 130–135 °C).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh penggunaan fly ash terhadap sifat mekanik beton *high density polyethylene* (HDPE) yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa: Kadar fly ash 27% dalam campuran beton dengan HDPE 5% memberikan hasil yang paling optimal dalam hal kuat tekan dan kuat tarik, dengan performa terbaik dicapai pada umur 28 hari. Beton dengan fly ash 27% menunjukkan peningkatan performa yang signifikan dibandingkan variasi lainnya, hal tersebut menjadikannya pilihan yang efektif untuk mencapai kuat tekan yang diinginkan dalam jangka waktu yang lebih lama. Penambahan fly ash 27% pada beton dengan HDPE 5% memberikan kuat tekan terbaik pada umur 28 hari, hal tersebut ditunjukkan dengan performa yang baik. Variasi fly ash yang lebih rendah (22% dan 25%) tidak memberikan hasil sebaik fly ash 27%. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengkonfirmasi temuan ini dan mengeksplorasi optimasi campuran guna memahami interaksi antara HDPE dan fly ash dalam beton serta efek jangka panjangnya terhadap kekuatan dan durabilitas beton.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andersen, L., Wejdling, A. and Neidel, T.L., 2015. Plastic Waste-Background Report. *Nordic Council of Ministers: Beau Vallon, Seychelles*.
- [2] Dedi Budi Setiawan, "Perilaku Mekanik Beton Ringan Agregat Styrofoam Dengan Variasi Penambahan Fly ash", vol. 09, no. 1, pp. 88-94, 2023.
- [3] Hendrik Mei Putra Lase dan Mainradus Januari Gulo, "Analisa Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Limbah Plastik HDPE Dalam Campuran Beton", vol. 4, no. 3, pp. 1783-1788, 2024.
- [4] Saikia, N.; de Brito, J. Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: A review. *Construction Building Material* 2012, 34, 385–401.
- [5] A. Suhana and R. A. Gunawan, "Analisis Pengaruh Penggunaan Fly ash Sebagai Bahan Tambahan Campuran Semen," *Isu Teknologi STT Mandala*, vol. 18, no. 1, pp. 34-42, 2023. A. Setiawan, Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013, Jakarta: Erlangga, 2016.
- [6] M. Ilic, C. Cheeseman, C. Sollars, J. Knight. Mineralogy and microstructure of sintered lignite coal fly ash Fuel, 82 (3) (2003), pp. 331-336, [10.1016/S0016-2361\(02\)00272-7](https://doi.org/10.1016/S0016-2361(02)00272-7)
- [7] M. Ondova, N. Stevulova, A. Estokova The study of the properties of fly ash based concrete composites with various chemical admixtures *Procedia Eng.*, 42 (August) (2012), pp. 1863-1872, [10.1016/j.proeng.2012.07.582](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.582)
- [8] Dheeresh Kumar Nayak, P.P. Abhilash, Rahul Singh, Rajesh Kumar, Veerendra Kumar, Fly ash for sustainable construction: A review of fly ash concrete and its beneficial use case studies, *Cleaner Materials*, Volume 6, 2022, 100143, ISSN 2772-3976, <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100143>
- [9] Muhammad Darmawan, "Penambahan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Beton Normal", pp. 1-9, 2012.
- [10] Mulyati dan Ziga Arkis, "Pengaruh Metode Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal", *Jurnal Teknik Sipil ITP*, vol.7, no.2, pp. 79, 2020.
- [11] Tamrin; Nurdiana, J. The Effect of Recycled HDPE Plastic Additions on Concrete Performance. *Recycling* 2021, 6, 18. <https://doi.org/10.3390/recycling6010018>
- [12] Babafemi, A.J.; Šavija, B.; Paul, S.C.; Anggraini, V. Engineering Properties of Concrete with Waste Recycled Plastic: A Review. *Sustainability* 2018, 10, 3875.
- [13] Islam, J.; Meherier, S.; Islam, A.R. Effects of waste PET as coarse aggregate on the fresh and harden properties of concrete. *Constr. Build. Mater.* 2016, 125, 946–951.
- [14] Batayneh, M.; Marie, I.; Asi, I. Use of selected waste materials in concrete mixes. *Waste Manag.* 2007, 27, 1870–1876.
- [15] Akinpelu, M.A.; Odeyemi, S.O.; Olafusi, O.S.; Muhammed, F.Z. Evaluation of splitting tensile and compressive strength relationship of self-compacting concrete. *J. King Saud Univ.-Eng. Sci.* 2019, 31, 19–25.
- [16] Lavanya, G.; Jegan, J. Evaluation of relationship between split tensile strength and compressive strength for geopolymer concrete of varying grades and molarity. *Int. J. Appl. Eng. Res.* 2015, 10, 35523–35529.
- [17] Choi, Y.; Yuan, R.L. Experimental relationship between splitting tensile strength and compressive strength of GFRC and PFRC. *Cem. Concr. Res.* 2005, 35, 1587–1591.
- [18] Kim, S.B.; Yi, N.H.; Kim, H.Y.; Kim, J.-H.J.; Song, Y.-C. Material and structural performance evaluation of recycled PET fiber reinforced concrete. *Cem. Concr. Compos.* 2010, 32, 232–240.
- [19] Nikbin, I.M.; Rahimi, S.; Allahyari, H.; Fallah, F. Feasibility study of waste Poly Ethylene Terephthalate (PET) particles as aggregate replacement for acid erosion of sustainable structural normal and lightweight concrete. *J. Clean. Prod.* 2016, 126, 108–117.
- [20] Silva, A.L.P.; Prata, J.C.; Walker, T.R.; Campos, D.; Duarte, A.C.; Soares, A.M.; Barcelò, D.; Rocha-Santos, T. Rethinking and optimising plastic waste management under COVID-19 pandemic: Policy solutions based on redesign and reduction of single-use plastics and personal protective equipment. *Sci. Total. Environ.* 2020, 742, 140565.
- [21] Bahij, S.; Omary, S.; Feugeas, F.; Faqiri, A. Fresh and hardened properties of concrete containing different forms of plastic waste—A review. *Waste Manag.* 2020, 113, 157–175.

- [22] Fraternali, F.; Ciancia, V.; Chechile, R.; Rizzano, G.; Feo, L.; Incarnato, L. Experimental study of the thermo-mechanical properties of recycled PET fiber-reinforced concrete. *Compos. Struct.* 2011, 93, 2368–2374.