

Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah Waterproofing Damdex Dan Agregat Limbah Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Absropsi Beton

Raihan Prasetyawan Ardiansyah^{1*} dan Novi Rahmayanti²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

^{1*} raihan.ardiansyah24@gmail.com, ² novi.rahmayanti@uii.ac.id

Artikel dimasukkan: 1-9-2024, Artikel direvisi: 16-9-2024, Artikel diterbitkan: 30-9-2024

Abstrak

Peningkatan aktivitas konstruksi menyebabkan peningkatan limbah konstruksi. Limbah beton hasil aktivitas konstruksi dapat digunakan sebagai pengganti agregat dalam campuran beton. Namun, penggunaan limbah beton sebagai agregat dapat menurunkan kuat tekan dan meningkatkan daya serap beton yang dihasilkan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan bahan tambah *waterproofing* Damdex. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dan absorpsi beton dengan agregat limbah dengan penambahan bahan tambah *waterproofing* Damdex. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan menguji beton agregat limbah untuk mencari karakteristik beton yang optimum berdasarkan kadar Damdex yang ditambahkan. Pengujian dilakukan untuk mengukur kuat tekan dan absorpsi beton dengan penambahan Damdex pada umur 7, 14 dan 28 hari. Persentase agregat limbah yang digunakan adalah sebanyak 100% dengan penambahan kadar Damdex 4%, 5% dan 6% dari berat semen. Campuran beton dihitung menggunakan SNI 2834-2000. Sampel digunakan adalah silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan serta kubus 15 x 15 x 15 cm untuk pengujian absorpsi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa penggunaan 100% agregat limbah beton menurunkan kuat tekan hingga 31,70% dan meningkatkan absorpsi hingga 24,68%. Penambahan Damdex dengan kadar 6% dapat meningkatkan kuat tekan hingga 35,17% dan menurunkan absorpsi hingga 37,054% serta mempercepat pertumbuhan kuat tekan beton 2 hari lebih cepat dari beton tanpa Damdex.

Kata kunci: beton, agregat limbah, kuat tekan, absorpsi

Pendahuluan

Jumlah pekerjaan konstruksi di Indonesia hingga saat ini terus mengalami kenaikan. Hal ini dapat dilihat dari peningkatan pembangunan infrastruktur di Indonesia (Tanne, 2021). Hingga Maret 2024, realisasi anggaran infratraktur dalam APBN telah mencapai Rp. 44,7 Triliun, yang mana serapan tersebut mengalami peningkatan jika dibandingkan serapan pada periode yang sama pada tahun sebelumnya yaitu Rp. 42,2 triliun pada tahun 2023 dan Rp. 41,7 triliun pada tahun 2022 (Santika, 2024). Selain itu, pada tahun 2024 juga terdapat penambahan 14 Proyek Strategis Nasional (PSN) baru (Annur,

2024). Pembangunan infrastruktur ini diharapkan dapat mendorong pertumbuhan ekonomi (Rohim, 2024). Namun, disisi lain peningkatan pembangunan infrastruktur juga meningkatkan jumlah limbah hasil konstruksi (Abera, 2023). Berdasarkan United Nations Environment Programme (2024), pada tahun 2020, jumlah limbah padat kota (*municipal solid waste*) global mencapai 2,126 milyar ton per tahun. Angka ini diprediksi akan mencapai 3,782 milyar ton per tahun pada 2050. Dari angka tersesbut, Asia Timur dan Asia Tenggara menyumbang hampir 600 juta ton per tahun limbah padat kota, dimana sebanyak lebih dari

200 juta ton limbah tidak terkontrol. Angka ini diprediksikan akan meningkat hingga hampir 400 juta ton pada tahun 2050.

Beton merupakan material komposit yang banyak digunakan di dunia konstruksi (Hamdi dkk., 2022). Beton digemari karena material penyusunnya yaitu agregat halus, agregat kasar, semen dan air mudah untuk didapat dan dengan harga yang relatif murah (Magfiroh & Setiawan, 2024). Beton juga digemari karena kemudahannya dalam segi pengangkutan. Beton juga material yang cocok untuk digunakan pada berbagai struktur. Selain itu, beton juga dapat dicetak menjadi berbagai macam bentuk dan ukuran serta dapat diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan situasi sekitar (Nugraha, 2007).

Agregat merupakan salah satu material penyusun beton. Agregat dibagi menjadi dua yaitu agregat halus dan agregat kasar. Agregat berfungsi sebagai material pengisi campuran beton yang direkatkan dengan semen melalui reaksi hidrasi yang dibantu oleh air (Maryoto dkk., 2018). Agregat yang digunakan berupa hasil disintegrasi alami batuan atau batu pecah dari industry (Badan Standarisasi Nasional, 2016). Agregat merupakan material yang didapat dari alam yang keberadaannya terbatas (Maumura, 2022). Oleh karena itu, diperlukan solusi material yang dapat menggantikan agregat dari material alam.

Terdapat ide untuk memanfaatkan limbah konstruksi terutama limbah beton sebagai bahan pengganti agregat. Namun penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat dengan jumlah tinggi menurunkan kuat tekan beton (González-Taboada dkk., 2016). Berdasarkan penelitian Kusumawardhana (2018), penggunaan limbah beton sebanyak 90% - 100% sebagai agregat kasar menurunkan kuat tekan beton 25 MPa menjadi 24,73 MPa dan 23,35 MPa. Selain itu, penggunaan limbah beton juga meningkatkan absorpsi beton. Menurut penelitian oleh Ashari & Kurniadi (2022), dimana penambahan limbah beton sebanyak 20% meningkatkan absorpsi beton sebesar 7,10% dari beton normal.

Bahan tambah waterproofing merupakan bahan tambah yang digunakan untuk membuat beton lebih kedap air (Jahandari dkk., 2023). Penambahan waterproofing lewat beberapa penelitian memberikan dampak lain yaitu peningkatan kuat tekan (Matar & Barhoun,

2020). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Akbar (2022), penggunaan bahan tambah waterproofing dengan merek Damdex dapat meningkatkan kuat tekan hingga 14,80% dan menurunkan absorpsi 43,70% dibandingkan beton normal

Metode

Material Penyusun

Material penyusun yang digunakan dalam campuran beton pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Material Penyusun Beton

Material	Keterangan
Agregat halus	Agregat dengan ukuran butiran yang lolos saringan 4,8 mm
Agregat kasar	Agregat dengan ukuran butiran antara 4,8 mm hingga 20 mm
Agregat limbah	Agregat yang diproduksi dari olahan beton limbah menggunakan mesin stone crusher
Semen Portland	Material yang berfungsi untuk merekatkan butiran agregat dan menjadi pengisi rongga antara agregat
Air	Material yang digunakan untuk memicu proses kimiawi dari semen
Bahan tambah	Material yang ditambahkan pada campuran beton untuk mengubah sifat beton
Waterproofing Damdex	Bahan tambah untuk menghasilkan beton yang lebih kedap air

Perencanaan campuran beton dilakukan berdasarkan SNI 03-2834-2000, Hasil perencanaan komposisi per satuan m³ dengan penyusutan 25% dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Proporsi Campuran Beton per m³

No.	Material	Nilai	Satuan
1	Semen	512,50	kg
2	Air	256,25	kg
3	Agregat halus	910,44	kg
4	Agregat kasar	1283,39	kg

Mixing dilaksanakan 2 kali untuk setiap variasi kadar Damdex. Oleh karena itu, komposisi pada Tabel 2 kemudian dikonversikan sejumlah benda uji yang dibuat untuk sekali

mixing lalu dikalikan dengan persentase kadar rencana Damdex. Proporsi campuran dengan bahan tambah Damdex *mixing* 1 dan *mixing* 2 secara berturut-turut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Proporsi Campuran Beton dengan Bahan Tambah Waterproofing Damdex *Mixing* Pertama

Kadar Damdex (%)	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Damdex (kg)
0	29,6419	14,8210	52,6578	74,2285	0,0000
4	29,6419	14,8210	52,6578	74,2285	1,1857
5	29,6419	14,8210	52,6578	74,2285	1,4821
6	29,6419	14,8210	52,6578	74,2285	1,7785
Jumlah	118,5678	59,2839	210,6313	296,9140	4,4463

Tabel 4. Proporsi Campuran Beton dengan Bahan Tambah Waterproofing Damdex *Mixing* Kedua

Kadar Damdex (%)	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Damdex (kg)
0%	21,4910	10,7455	38,1779	53,8171	0,0000
4%	21,4910	10,7455	38,1779	53,8171	0,8596
5%	21,4910	10,7455	38,1779	53,8171	1,0745
6%	21,4910	10,7455	38,1779	53,8171	1,2895
Jumlah	85,9639	42,9820	152,7118	215,2684	3,2236

Metode Pengujian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental dengan lokasi penelitian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), JTS, FTSP, UII. Penelitian diawali dengan persiapan yang meliputi studi literatur, serta penyiapan bahan dan alat. Penelitian dilanjutkan dengan pengujian agregat untuk memastikan bahwa agregat yang digunakan sebagai beton kontrol memenuhi persyaratan dan sebagai dasar perencanaan campuran beton. Setelah itu, dilakukan pembuatan dan perawatan benda uji sesuai dengan umur pengujian masing-masing. Pengujian benda uji yang meliputi pengujian kuat tekan dan absorpsi beton dilaksanakan pada umur beton 7, 14 dan 28 hari. Penelitian dilanjutkan dengan melakukan pengolahan dan analisis data serta pembahasan dan diakhiri dengan penarikan kesimpulan.

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 168 sampel yang terdiri dari 120 silinder dan 48 kubus. Dari jumlah tersebut kemudian dibagi masing-masing pada 3 umur pengujian yang berbeda yaitu 7, 14 dan 28 hari dengan masing-masing varian berjumlah 5 untuk benda uji silinder dan 2 untuk benda uji kubus.

Hasil dan Pembahasan

Pengujian Slump

Nilai slump tertinggi yang didapatkan pada campuran beton tanpa agregat limbah adalah 12 cm dan terendah 9,8 cm. Sedangkan, pada beton dengan agregat limbah nilai slump tertinggi adalah 11,5 cm dan terendah 9,8 cm. Nilai slump pada campuran beton tanpa agregat limbah dan dengan agregat limbah tidak jauh berbeda karena nilai slump dikontrol dengan melakukan penambahan Damdex sebelum penambahan air agar tetap sesuai dengan slump rencana. Adapun hasil pengujian slump dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 berikut.

Tabel 5. Hasil Pengujian Slump Beton Tanpa Limbah

Variasi Kadar Damdex	Slump (cm)	
	<i>Mixing</i> 1	<i>Mixing</i> 2
0%	10	10
4%	9,8	10
5%	10	12
6%	11	10

Tabel 6. Hasil Pengujian Slump Beton dengan Limbah

Variasi Kadar Damdex	Slump (cm)	
	<i>Mixing</i> 1	<i>Mixing</i> 2
0%	10	0%
4%	11	4%
5%	11	5%
6%	11,5	6%

Namun, akibat dari kontrol terhadap nilai slump tersebut, terdapat sisa air *mixing* untuk tiap variasi sampel. Adapun sisa air *mixing* beton tanpa agregat limbah dan dengan agregat limbah dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8 berikut.

Tabel 7. Rekapitulasi Sisa Air *Mixing* Beton Tanpa Limbah

Variasi Kadar Damdex	Sisa Air (kg)		
	<i>Mixing 1</i>	<i>Mixing 2</i>	Rata-rata
0%	1,108	1,141	1,125
4%	2,798	2,570	2,684
5%	4,209	4,056	4,132
6%	5,737	4,160	4,948

Tabel 8. Rekapitulasi Sisa Air *Mixing* Beton dengan Limbah

Variasi Kadar Damdex	Sisa Air (kg)		
	<i>Mixing 1</i>	<i>Mixing 2</i>	rata-rata
0%	1,056	0%	1,056
4%	2,923	4%	2,923
5%	4,197	5%	4,197
6%	5,325	6%	5,325

Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian dilaksanakan menggunakan benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan permukaan berlapis *capping* pada umur beton 7, 14 dan 28 hari. Pengujian dilaksanakan dengan bantuan alat *Compression Testing Machine* (CTM). Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10 berikut.

Tabel 9. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Tanpa Agregat Limbah Rerata

Agregat Limbah	Kadar Damdex	Umur Uji (hari)	Kuat Tekan Aktual Rerata (MPa)	Kuat Tekan Terkonversi Rerata (MPa)
0%	0%	7	17,51	26,94
		14	23,62	26,84
		28	26,77	26,77
	4%	7	18,65	28,69
		14	25,21	28,65
		28	28,52	28,52
	5%	7	19,12	29,41
		14	25,69	29,20
		28	28,93	28,93
	6%	7	19,19	29,53
		14	25,93	29,46
		28	29,35	29,35

Tabel 10. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Agregat Limbah Rerata

Agregat Limbah	Kadar Damdex	Umur Uji (hari)	Kuat Tekan Aktual Rerata (MPa)	Kuat Tekan Terkonversi Rerata (MPa)
100%	0%	7	13,30	20,46
		14	17,95	20,40
		28	20,60	20,60
	4%	7	14,26	21,95
		14	19,09	21,70
		28	21,51	21,51
	5%	7	15,99	24,60
		14	21,62	24,56
		28	24,24	24,24
	6%	7	17,97	27,64
		14	24,26	27,57
		28	27,19	27,19

Penggunaan limbah beton sebagai agregat menurunkan kuat tekan beton. Adapun penurunan kuat tekan beton dengan agregat limbah terhadap beton tanpa agregat limbah pada umur beton 7, 14 dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 11 sebagai berikut.

Tabel 11. Persentase Penurunan Kuat Tekan Beton Agregat Limbah Terhadap Beton Tanpa Agregat Limbah

Umur Beton (hari)	Beton Tanpa Agregat Limbah (MPa)	Beton Agregat Limbah (MPa)	Persentase Penurunan (%)
7	26,941	20,456	31,700
14	26,840	20,399	31,575
28	26,771	20,603	29,935

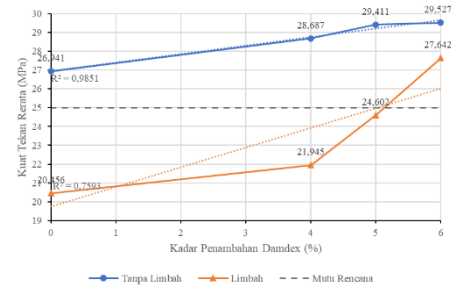
Hasil ini sesuai dengan penelitian oleh Topqu' (1997), bahwa penggunaan agregat limbah dengan rasio di atas 50% dalam campuran beton menyebabkan penurunan kuat tekan yang signifikan. Nixon (1978), menyebutkan jika kuat tekan beton agregat limbah menurun 20% atau lebih dibandingkan beton normal. Mohammed dkk. (2018) menyebutkan jika beton dengan kadar 50% agregat limbah mengalami penurunan kuat tekan sebesar 30%, sedangkan beton dengan kadar 100% agregat limbah mengalami penurunan kuat tekan sebesar 40%.

Penurunan kuat tekan beton agregat limbah juga dipengaruhi oleh ukuran butiran agregat limbah dan mutu beton induk yang digunakan. Penurunan persentase kuat tekan beton pada penelitian ini sebesar 29,9374% atau lebih besar dari hasil penelitian oleh Kusumawardhana (2018), dengan tingkat penurunan kuat tekan sebesar 9,7216%. Kang & Weibin (2018), menyebutkan jika kuat tekan beton agregat limbah meningkat seiring bertambahnya ukuran agregat. Alsaman dkk. (2022), menjelaskan agregat limbah yang diproduksi dari beton dengan kuat tekan 30 - 40 MPa meningkatkan 7% kuat tekan beton agregat limbah dibanding agregat limbah yang diproduksi dari beton dengan kuat tekan 20 - 30 MPa pada tingkat pergantian yang sama. Sebagai perbandingan kuat tekan rerata beton dengan agregat limbah penulis dan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 12 sebagai berikut.

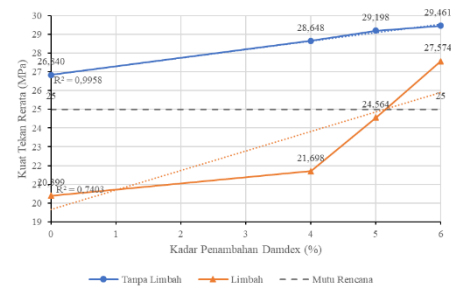
Tabel 12. Perbandingan Kuat Tekan Beton Agregat Limbah Penulis dan Penelitian Sebelumnya

Kadar Agregat Limbah	Kuat Tekan Beton Rerata Pada Umur 28 hari	
	Penulis (MPa)	Kusumawardhana (2018) (MPa)
100%	20,60	23,35

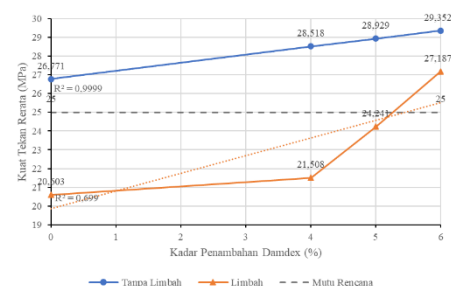
Penambahan Damdex pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan beton. Adapun kuat tekan beton tanpa agregat limbah dan beton agregat limbah dapat dilihat pada Gb. 1, Gb. 2 dan Gb. 3 sebagai berikut.



Gb. 1. Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Kadar Penambahan Damdex pada Umur Beton 7 Hari



Gb. 2. Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Kadar Penambahan Damdex pada Umur Beton 14 Hari



Gb. 3. Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Kadar Penambahan Damdex pada Umur Beton 28 Hari

Adapun persentase kenaikan kuat tekan beton tanpa limbah dan beton agregat limbah dengan variasi kadar Damdex dapat dilihat pada Tabel 13 dan Tabel 14 berikut.

Tabel 13. Persentase Kenaikkan Beton Tanpa Agregat Limbah dengan Penambahan Damdex

Variasi Kadar Damdex	Persentase Kenaikkan Kuat Tekan pada Umur Beton Tertentu (%)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
4%	6.479	6.734	6.528
5%	9.168	8.784	8.062
6%	9.600	9.764	9.643

Tabel 14. Persentase Kenaikkan Kuat Tekan Beton Agregat Limbah dengan Penambahan Damdex

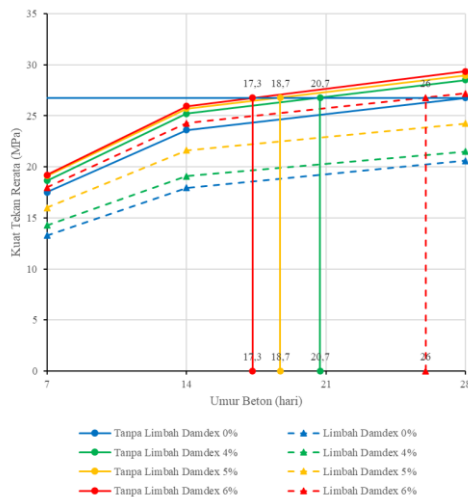
Variasi Kadar Damdex	Persentase Kenaikkan Kuat Tekan pada Umur Beton Tertentu (%)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
4%	7.278	6.365	4.391
5%	20.264	20.416	17.658
6%	35.128	35.170	31.956

Sebagai perbandingan persentase kenaikan kuat tekan beton tanpa limbah dengan penambahan Damdex sebanyak 5% dan 6% penulis dengan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 15 sebagai berikut.

Tabel 15. Perbandingan Persentase Kenaikkan Kuat Tekan Beton Tanpa Limbah dengan Penambahan Damdex Sebanyak 5% & 6% Penulis dan Penelitian Sebelumnya

Variasi Kadar Damdex	Persentase Kenaikkan Kuat Tekan pada Umur Beton Tertentu (%)					
	Penulis			Akbar (2022)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari	7 Hari	14 Hari	28 Hari
5%	9.168	8.784	8.062	6.05	8.17	3.06
6%	9.6	9.764	9.643	6.95	9.22	4.71

Kuat tekan beton normal umur 28 hari juga dapat dicapai lebih cepat dengan penambahan Damdex. Hubungan kuat tekan beton dengan penambahan Damdex dengan umur beton dapat dilihat pada Gb. 4 berikut.



Gb. 4. Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Umur Beton pada Berbagai Variasi Kadar Damdex

Dapat dilihat jika kuat tekan beton tanpa agregat limbah dengan penambahan Damdex sebanyak 4%, 5% dan 6% mencapai kuat tekan beton tanpa agregat limbah dan Damdex secara berturut-turut adalah 20,7, 18,7 dan 17,3 hari. Sedangkan, beton agregat limbah dengan penambahan Damdex sebanyak 6% dicapai dalam 26 hari.

Persentase kuat tekan beton berdasarkan umur beton dapat dilihat pada Tabel 16 dan Tabel 17 berikut.

Tabel 16. Persentase Kuat Tekan Beton Tanpa Agregat Limbah Berdasarkan Umur Beton

Variasi Kadar Damdex	Persentase Kenaikkan Kuat Tekan pada Umur Beton Tertentu (%)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
PBI 1971	65	88	100
0%	65,413	88,229	100
4%	65,383	88,399	100
5%	66,083	88,817	100

Tabel 17. Persentase Kuat Tekan Beton Agregat Limbah Berdasarkan Umur Beton

Variasi Kadar Damdex	Persentase Kenaikkan Kuat Tekan pada Umur Beton Tertentu (%)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
PBI 1971	65	88	100
0%	64,537	87,129	100
4%	66,322	88,776	100
5%	65,966	89,171	100

Berdasarkan Tabel 16 dan Tabel 17, diketahui jika selisih persentase kuat tekan beton tanpa agregat limbah tertinggi pada umur beton 7 dan 14 hari diperoleh pada dengan penambahan Damdex sebanyak 5%. Pada beton agregat limbah selisih tertinggi pada umur beton 7 hari diperoleh dengan penambahan 4% dan pada 14 hari diperoleh dengan penambahan 6%.

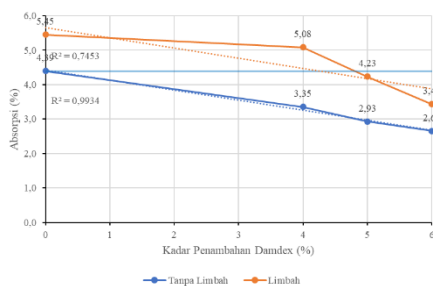
Pengujian Absorpsi Beton

Pengujian ini dilaksanakan menggunakan benda uji kubus berukuran 15x15x15 cm. pengujian dilaksanakan dengan menimbang benda uji dalam keadaan kering oven dan dalam keadaan kering permukaan. Hasil pengujian absorpsi dapat dilihat pada Tabel 18 berikut.

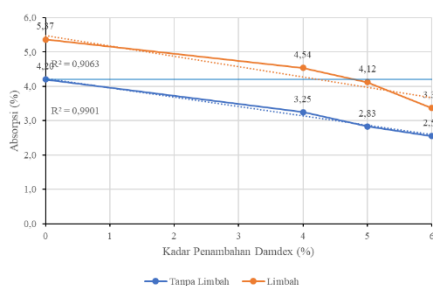
Tabel 18. Hasil Pengujian Absorpsi Beton

Agregat Limbah	Kadar Damdex	Umur Uji (hari)	Absorpsi Rerata (%)
0%	0%	7	4,39
		14	4,20
		28	4,18
	4%	7	3,35
		14	3,25
		28	3,18
	5%	7	2,93
		14	2,83
		28	2,75
100%	0%	7	5,45
		14	5,37
		28	5,32
	4%	7	5,08
		14	4,54
		28	4,20
	5%	7	4,23
		14	4,12
		28	3,94
	6%	7	3,43
		14	3,37
		28	3,27

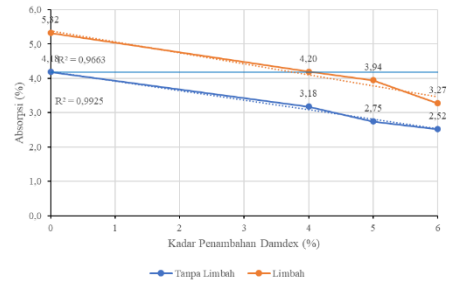
Absorpsi beton tanpa agregat limbah dan beton agregat limbah pada umur beton 7, 14 dan 28 hari secara berturut-turut dapat dilihat pada Gb. 5, Gb. 6 dan Gb. 7 berikut.



Gb. 5. Hubungan Absorpsi Beton dengan Kadar Penambahan Damdex pada Umur Beton 7 Hari



Gb. 6. Hubungan Absorpsi Beton dengan Kadar Penambahan Damdex pada Umur Beton 14 Hari



Gb. 7. Hubungan Absorpsi Beton dengan Kadar Penambahan Damdex pada Umur Beton 28 Hari

Adapun peningkatan absorpsi beton akibat penggunaan agregat limbah dapat dilihat pada Tabel 19 berikut.

Tabel 19. Persentase Peningkatan Absorpsi Beton Agregat Limbah Terhadap Beton Tanpa Agregat Limbah

Umur Beton (hari)	Tanpa Agregat Limbah (%)	Agregat Limbah (%)	Persentase Peningkatan (%)
7	4,39	5,45	24,05
14	4,20	5,37	27,69
28	4,18	5,32	27,14

Penggunaan agregat limbah meningkatkan absorpsi beton hingga 27,69% dari beton tanpa agregat limbah.

Penambahan Damdex pada beton menurunkan absorpsi beton. Adapun persentase penurunan absorpsi beton tanpa agregat limbah dan beton agregat limbah dengan penambahan Damdex dapat dilihat pada Tabel 20 dan Tabel 21 berikut.

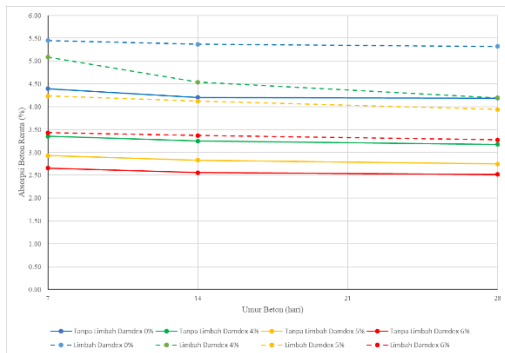
Tabel 20. Persentase Penurunan Absorpsi Beton Tanpa Agregat Limbah dengan Penambahan Damdex

Variasi Kadar Damdex	Persentase Penurunan Absorpsi Beton pada Umur Beton Tertentu (%)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
4%	-23,70	-22,70	-24,11
5%	-33,37	-32,65	-34,38
6%	-39,52	-39,18	-39,81

Tabel 21. Persentase Penurunan Absorpsi Beton Agregat Limbah dengan Penambahan Damdex

Variasi Kadar Damdex	Persentase Penurunan Absorpsi Beton pada Umur Beton Tertentu (%)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
4%	-6,70	-15,46	-21,15
5%	-22,29	-23,20	-25,91
6%	-37,05	-37,21	-38,46

Hubungan antara absorpsi dan umur beton dapat dilihat pada Gb. 8 sebagai berikut.



Gb. 8. Hubungan Absorpsi Beton dengan Umur Beton

Berdasarkan Gb. 8 di atas, dapat dilihat bahwa umur beton tidak memengaruhi absorpsi pada beton. Nilai absorpsi pada beton tanpa agregat limbah maupun beton dengan agregat limbah dengan atau tanpa penambahan Damdex cenderung tetap dari umur 7 hari hingga umur 28 hari.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian disimpulkan bahwa penggunaan limbah beton sebagai agregat kasar sebanyak 100% dapat menurunkan kuat tekan 31,70% dan meningkatkan absorpsi hingga 27,68%. Permasalahan tersebut tersebut dapat diatasi dengan penambahan Damdex dengan kadar 6% dari berat semen yang dapat meningkatkan kuat tekan hingga 35,17% dibandingkan dengan beton tanpa Damdex. Selain itu, penambahan Damdex sebanyak 6% dari berat semen juga menurunkan absorpsi beton hingga 37,054% dan meningkatkan pertumbuhan kuat tekan beton 2 hari lebih cepat.

Referensi

- Abera, Y. A. (2023). *Optimizing Construction Waste Recycling: Strategies, Technologies, and Environmental Impacts*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3497942/v1>
- Akbar, M. K. (2022). *Pengaruh Variasi Kadar Bahan Tambah Waterproofing Damdex Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Beton* [Universitas Islam Indonesia]. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/37944>
- Als Salman, A., Khudair, J., Kareem, R., Assi, L., Dang, C., & Martí-Vargas, J. R. (2022, Maret 3). *Examining Mechanical Properties of Recycled Aggregate*

Concrete. <https://doi.org/10.4108/eai.7-9-2021.2314894>

Annur, C. M. (2024, Maret 19). *Ada 14 Proyek Strategis Nasional Baru 2024, Mayoritas di Jawa*. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2024/03/19/ada-14-proyek-strategis-nasional-baru-2024-mayoritas-di-jawa>

Ashari, F., & Kurniadi, E. (2022). *Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Bekas Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan dan Penyerapan Air pada Beton* [Universitas Gadjah Mada]. <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/210623>

Badan Standarisasi Nasional. (2016). *Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. www.bsn.go.id

González-Taboada, I., González-Fontebao, B., Martínez-Abella, F., & Carro-López, D. (2016). Study of recycled concrete aggregate quality and its relationship with recycled concrete compressive strength using database analysis. *Material Construction*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3989/mc.2016.06415>

Hamdi, F., Lapien, F. E. P., Tumpu, M., Irianto, Mansyur, Mabui, D. S. S., Raidyarto, A., Sila, A. A., Masdiana, Rangan, P. R., & Hamkah. (2022). *Teknologi Beton* (Irianto, M. Tumpu, Mansyur, & Mahyuddin, Ed.; 1 ed.). CV. Tohar Media. <https://books.google.co.id/books?id=QahhEAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Jahandari, S., Tao, Z., Alim, M. A., & Li, W. (2023). Integral waterproof concrete: A comprehensive review. *Journal of Building Engineering*, 78, 107718. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107718>

Kang, M., & Weibin, L. (2018). Effect of the aggregate size on strength properties of recycled aggregate concrete. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/2428576>

Kusumawardhana, I. (2018). *Pengaruh Penggunaan Agregat Kasar Beton*

- Limbah Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Normal* [Universitas Islam Indonesia].
<https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/11968>
- Magfiroh, N. S., & Setiawan, B. (2024). *Pengaruh Penggunaan Fly Ash, Limbah Kaca Dan Superplasticizer Terhadap Sifat Mekanis Beton Normal*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Maryoto, A., Lie, H. A., & Purwanto. (2018). *Pengantar Teknologi Beton : Pengertian, Pengujian, Perilaku dan Sifat Mekanik* (1 ed.). CV. Markumi.
- Matar, P., & Barhoun, J. (2020). Effects of waterproofing admixture on the compressive strength and permeability of recycled aggregate concrete. *Journal of Building Engineering*, 32, 101521. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101521>
- Maumura, Z. (2022). *Dampak Penambangan Pasir Terhadap Kehidupan Ekonomi dan Lingkungan Masyarakat di Gampong Pasi Pinang Kecamatan Meureubo Kabupaten Aceh Barat*. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Mohammed, D., Tobeia, S., Mohammed, F., & Hasan, S. (2018). Compressive strength improvement for recycled concrete aggregate. *MATEC Web of Conferences*, 162. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201816202018>
- Nixon, P. J. (1978). Recycled concrete as an aggregate for concrete—a review. *Matériaux et Construction*, 11(5), 371–378.
<https://doi.org/10.1007/BF02473878>
- Nugraha, P. (2007). *Teknologi Beton : Dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi* (1 ed.). Andi.
- Rohim, H. A. A. (2024, Januari 29). *Pembangunan Infrastruktur Dorong Pertumbuhan Ekonomi Indonesia*. https://www.setneg.go.id/baca/index/pembangunan_infrastruktur_dorong_pertumbuhan_ekonomi_indonesia
- Santika, E. F. (2024, April 29). *Realisasi Anggaran Infrastruktur Sentuh Rp44,7 Triliun hingga Maret 2024*. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2024/04/29/realisasi-anggaran-infrastruktur-sentuh-rp447-triliun-hingga-maret-2024>
- SNI 03-2834-2000 Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, Pub. L. No. SNI 03-2834-2000 (2000).
- Tanne, Y. A. (2021). Pengaruh Kebijakan Pemerintah Terhadap Bisnis Konstruksi Indonesia. *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, 2(2), 45–49. <https://ojs.unikom.ac.id/index.php/crane45Yongki/CRANE/2021>
- Topqu', I. B. (1997). Physical And Mechanical Properties Of Concretes Produced With Waste Concrete. *Cement and Concrete Research*, 27(12), 1817–1818.
- United Nations Environment Programme. (2024). *Global Waste Management Outlook*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44939>