



PENGARUH PENGURANGAN AIR PADA BEBERAPA MUTU BETON YANG MENGGUNAKAN POLINEX HE

Indriyani Puluhulawa^{1*}, Alamsyah², Poltak Leonardo Sitinjak³, Marganta P. R. Lubis⁴

^{1*,2,3,4} Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis

Jalan Bathin Alam, Sei. Alam, Kec. Bengkalis Kab. Bengkalis, Prov. Riau

Alamat E-mail: Indriyani_p@polbeng.ac.id

Info Artikel

Abstrak

Sejarah Artikel:

Diterima: Nov 2023
Disetujui: April 2024
Dipublikasikan: Juni 2024

Keywords:

Water Reduction, Polinex HE, Concrete Grade

Beton yang ditambahkan Polinex HE memiliki nilai slump yang dua kali lebih besar dari beton tanpa Polinex HE. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya segregasi pada saat pengecoran, Untuk itu coba dilakukan penelitian dengan mengurangi jumlah air pada beton yang menggunakan Polinex HE. Tujuan penelitian ini adalah untuk menyelidiki bagaimana pengaruh pengurangan air terhadap nilai slump, berat isi beton dan mutu beton. Sebanyak 72 sampel silinder beton diameter 10cm dan tinggi 20 cm dibuat untuk beton K-250 dan beton K-350. Variasi pengurangan air mulai dari 5-20% dari berat air, dengan menggunakan Polinex HE sebanyak 1% dari berat semen. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian slump, berat isi beton dan kuat tekan beton pada umur 3 hari dan 28 hari. Hasilnya, diperoleh nilai slump yang masih lebih besar dibandingkan dengan nilai slump beton tanpa Polinex HE. Terjadi pengurangan berat isi beton seiring dengan pengurangan jumlah air pada beton. Untuk beton K-250 kuat tekan beton maksimal terjadi pada variasi pengurangan air 5% dan untuk beton K-350 kuat tekan beton maksimal terjadi pada variasi pengurangan air 20%.

Kata Kunci: Pengurangan Air, Polinex HE, Mutu Beton

Abstract

Concrete with the addition of Polinex HE has a slump value that is twice as large as concrete without Polinex HE. This can lead to segregation during pouring. Therefore, a study was conducted to investigate the effect of reducing the water content in concrete using Polinex HE. The aim of this research was to examine how the reduction in water content affects slump values, concrete density, and concrete quality. A total of 72 cylindrical concrete samples with a diameter of 10 cm and a height of 20 cm were prepared for both K-250 and K-350 concrete. Water reduction variations ranged from 5% to 20% of the water weight, with the addition of Polinex HE at 1% of the cement weight. Testing included slump tests, concrete density measurements, and compressive strength tests at 3 days and 28 days of curing. The Results showed that the slump values remained higher compared to concrete without Polinex HE. Concrete density decreased as the water content was reduced. For K-250 concrete, maximum compressive strength was achieved with a 5% reduction in water content, while for K-350 concrete, maximum compressive strength was achieved with a 20% reduction in water content.

✉ Alamat korespondensi:

ISSN 2527-7073

Jl. Bathin Alam, Sei. Alam, Kec. Bengkalis Kab. Bengkalis, Riau

E-mail: alam_cv1@yahoo.com

PENDAHULUAN

Salah satu masalah yang sering muncul pada pelaksanaan pengecoran yang menggunakan readymix adalah lamanya pengangkutan beton dari tempat produksi ke tempat penuangan, sehingga dapat menurunkan mutu dan stabilisasi nilai slump pada beton. Selain itu nilai slump yang tinggi akan meningkatkan workability atau dapat memudahkan dalam pelaksanaan pengecoran, karena mudah dipadatkan. Adukan beton dengan nilai slump tinggi tanpa bahan tambah tertentu akan menghasilkan nilai kekuatan beton yang lebih rendah. Sebaliknya, semakin rendah nilai slump, semakin rendah pula nilai FAS, menurut [1], [2], [3], [4] mutu beton yang baik biasanya diperoleh dari campuran yang menggunakan fas yang rendah.

Untuk meningkatkan workability, kekuatan, keawetan dan sifat beton tertentu, penggunaan bahan tambah dapat menjadi solusi. Dosis bahan tambah yang tepat akan menaikkan nilai mutu beton [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12] namun sebaliknya jika dosis yang ditambahkan tidak tepat, dapat merusak sifat-sifat beton [13], [14], .

Polynex HE merupakan salah satu bahan tambah yang banyak beredar pada Perusahaan-perusahaan readymix, aditif ini diproduksi oleh PT. NEXCHO. Polynex HE termasuk kategori bahan tambah Tipe F yang berfungsi sebagai peredam air dan HSP (*High-superplasticizer*) untuk mempercepat pengerasan beton dengan kisaran kekuatan tinggi. Beton yang ditambahkan bahan ini akan memiliki nilai slump yang dua kali lebih besar dibanding tanpa tambahan Polinex HE. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya segregasi apabila pengecoran dilakukan tanpa menggunakan hydrolic pump, sehingga dapat memicu terjadinya penurunan mutu beton.

Untuk itu coba digunakan Polinex HE pada beton K-250 dan K-350 dengan variasi pengurangan jumlah air atau mengecilkan nilai FAS untuk menyelidiki bagaimana pengaruh pengurangan air pada kedua mutu beton tersebut. harapannya penelitian ini dapat berkontribusi pada ilmu pengetahuan khususnya terhadap industry beton terutama yang menggunakan Polynex HE sebagai bahan tambah.

METODE

Tahapan penelitian dibagi menjadi beberapa tahap diantaranya:

Tahap persiapan

Pada tahap ini dilakukan persiapan material yang akan di pakai untuk membuat beton diantara, agregat kasar dan agregat halus dari Tanjung Balai, Semen tipe PCC, dan zat aditif merk Polinex HE yang berasal dari PT. NEXCHO. Gambar 1. Memperlihatkan material yang digunakan.



Gambar 1. Material yang digunakan

Tahap pengujian properties material

Pada tahap ini dilaksanakan pengujian properties material meliputi:

- a. Pengujian Analisa Saringan Agregat mengacu pada [15](SNI 03-1968-1990)
 - b. Pengujian Kadar Air Agregat mengacu pada [16](SNI 03-1971-1990)
 - c. Pengujian Berat Jenis Agregat mengacu pada [17] (SNI 03-1970- 1990)
 - d. Pengujian Berat Volume Agregat mengacu pada [18] (SNI 03-4804-1998)
 - e. Pengujian Berat Jenis Semen mengacu pada [19] (SNI 03-2531-1991)
 - f. Pengujian Kandungan Organik Agregat Halus mengacu pada [20](SNI 03-2816-1992)
1. Tahap perencanaan campuran beton (Job Mix) berdasarkan [21] SNI 7656:2012. Setelah melaksanakan pengujian properties material, langkah selanjutnya adalah penentuan komposisi campuran beton untuk beton K-350 dan beton K-250. Batasan-batasan yang ditetapkan adalah penggunaan Polinex HE hanya menggunakan 1% dari berat semen. Detail komposisi campuran untuk beton K-250 dan K-350 dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Table 1. komposisi campuran beton yang digunakan dalam 1m³

Uraian	Semen (KG)	Air (KG)	Agregat Kasar (KG)	Agregat Halus (KG)	Polinex HE (gr)
Beton K-250	380	179	1760	702	38
Beton K-350	427	208	1004	681	42.7

2. Tahap penentuan jumlah sampel yang akan dibuat. Pada tahap ini dibuat beberapa variasi campuran untuk mengetahui pengaruh pengurangan jumlah air pada beton yang menggunakan Polinex HE. Karena Polinex HE bersifat sebagai Super Plasticizer maka dicoba mengurangi jumlah air mulai dari 5-20% dari berat air pada beton normal. Sampel yang dibuat adalah silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Detail jumlah sampel dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Table 2. Detail jumlah dan variasi sample beton

Nama Sampel	Dosis Polinex HE (%)	Pengurangan Air (%)	Jumlah Sample	
			Umur 3 Hari	Umur 28 Hari
Beton Normal (BN-K250)	0	0	3	3

BN-K250 + P1%	1	0	3	3
BN-K250 + P1% - Air 5%	1	5	3	3
BN-K250 + P1% - Air 10%	1	10	3	3
BN-K250 + P1% - Air 15%	1	15	3	3
BN-K250 + P1% - Air 20%	1	20	3	3
Beton Normal (BN-K350)	0	0	3	3
BN-K350 + P 1%	1	0	3	3
BN-K350 + P 1% - Air 5%	1	5	3	3
BN-K350 + P 1% - Air 10%	1	10	3	3
BN-K350 + P 1% - Air 15%	1	15	3	3
BN-K350 + P 1% - Air 20%	1	20	3	3

3. Tahap pengujian, tahapan ini dilaksanakan mulai dari pelaksanaan pencampuran beton, pengujian yang dilakukan adalah pengujian slump [22] (SNI 1972:2008) untuk mengetahui tingkat kelecakan adukan campuran beton yang dibuat. Selanjutnya campuran dicetak, setelah 24 jam dilepaskan dari cetakan dan dicuring dengan cara direndam di bak perendaman selama 26 hari. Pengujian berikutnya adalah Pengujian berat isi beton [23] (SNI 1973:2008), untuk mengetahui berat isi dari beton yang dibuat. Terakhir adalah pengujian kuat tekan beton yang dilaksanakan sesuai dengan [24] (SNI 03-1974-1990). Gambar 2 memberikan gambaran saat proses pelaksanaan pengujian. Selanjutnya analisis data hasil pengujian untuk menentukan pengaruh dari pengurangan air dari beton yang ditambahkan Polinex HE.



Gambar 2. Pengujian yang dilakukan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan sebaiknya ditampilkan dalam berupa grafik atau pun tabel. Untuk grafik dapat mengikuti format untuk diagram dan gambar.

Properties material

Pengujian properties material agregat penyusun beton meliputi pengujian analisa saringan agregat, pengujian kadar air, kadar lumpur, berat jenis, MHB, dan pengujian berat jenis untuk semen. Selain itu juga dilakukan pengujian PH air yang akan digunakan untuk campuran beton. Detail hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3 Berikut.

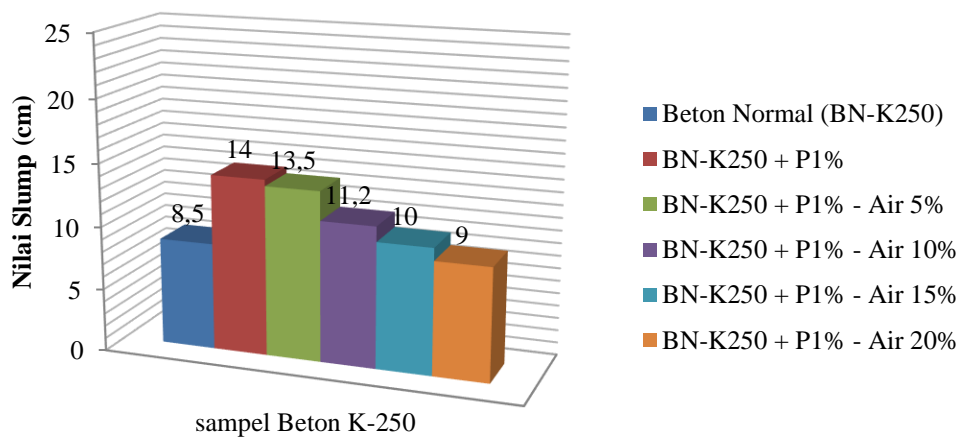
Tabel 3. Hasil pengujian properties agregat kasar dan agregat halus

Uraian	Agregat kasar	Agregat halus
Analisa saringan	Uk. 20 mm	Zona 4
MHB	6,845	1,956
Kadar air	0,3 %	1,33 %
Kadar Lumpur	0,69 %	0,29 %
Berat Jenis	2,575	2,641
Berat volume	1145,17 Kg/m ³	1435,73 Kg/m ³

Selain hasil pengujian yang tertera pada table 3, dilakukan juga pengujian berat jenis semen yang digunakan yaitu 3,... Dan hasil pengujian PH air yang digunakan untuk membuat campuran beton yaitu

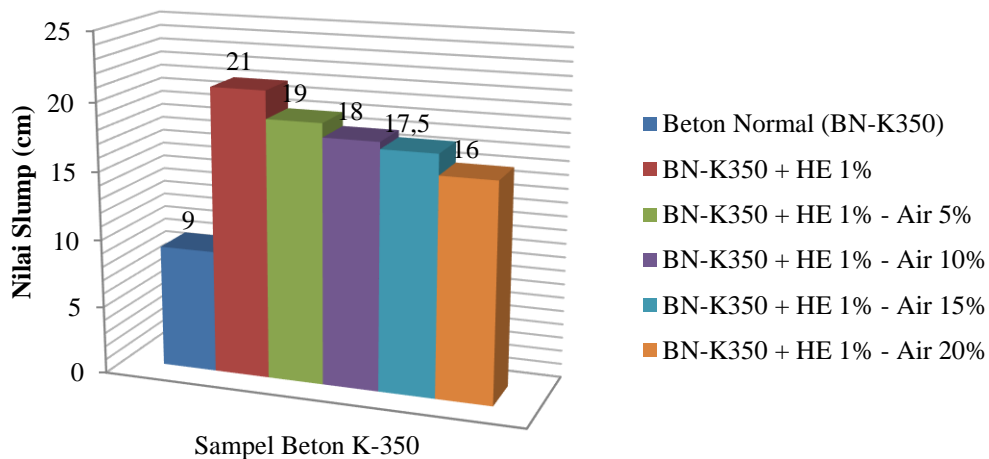
Pengujian Slump

Nilai slump diperlukan untuk mengetahui tingkat kelecakan campuran beton. Semakin rendah nilai slump maka menunjukkan bahwa adukan tersebut semakin kental dan sebaliknya, semakin tinggi nilai slump maka menunjukkan semakin encer adukan yang terjadi atau dalam arti kata akan semakin mudah untuk mengerjakan. Pengujian slump untuk pencampuran beton normal memiliki nilai yang ditetapkan (75-100) mm.



Gambar 3. Nilai slump beton K-250

Dari Gambar 3 diketahui bahwa nilai slump untuk beton K-250 yang ditambahkan Polinex HE masih lebih besar dibandingkan dengan nilai slump beton normal. Nilai slump maksimum ada pada sample BN-K250+P1% yaitu naik sebesar 64% jika dibandingkan dengan slump BN-K250, seiring dengan pengurangan jumlah air maka nilai slump pun ikut mengalami penurunan nilai slump.



Gambar 4. Nilai slump beton K-350

Sama halnya dengan slump pada beton K-250, beton K-350 juga mengalami pertambahan nilai slump, akan tetapi pertambahan nilai slump nya lebih besar dibanding slump pada beton K-250, berkisar antara 77.7% sampai dengan 133.3% jika dibandingkan dengan slump beton normal. Sehingga secara umum dapat dikatakan bahwa penambahan Polinex HE dapat meningkatkan nilai slump, dan pengaruh pengurangan jumlah air pada beton yang ditambahkan Polynex HE dapat menurunkan nilai slump. Akan tetapi penurunan nilai slump pada variasi pengurangan air masih lebih besar dari nilai slump pada beton Normal. Hal ini sesuai dengan spesifikasi Polinex HE sebagai Aditif tipe F yaitu high superplasticizer sehingga dapat meningkatkan workability saat pelaksanaan pekerjaan beton.

Pengujian Berat Isi Beton (SNI 1973:2008)

Menurut M, Dzikri [11], Berat per volume (berat isi) beton adalah perbandingan antara berat beton dengan volume beton itu sendiri. Berat per volume (berat isi) beton berpengaruh pada kepadatan beton. Semakin besar nilai berat isi beton maka semakin padat beton tersebut sehingga porositas beton akan berkurang. Berikut data hasil rata-rata berat per volume (berat isi) beton pada umur 3 dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian Berat isi Beton

Nama Sampel	Rata-rata Berat Isi Beton (Kg/m ³)	
	Umur 3 Hari	Umur 28 Hari
Beton Normal (BN-K250)	2371.63	2316.38
BN-K250 + P1%	2413.45	2348.27
BN-K250 + P1% - Air 5%	2442.17	2401.45
BN-K250 + P1% - Air 10%	2319.85	2344.39
BN-K250 + P1% - Air 15%	2423.20	2383.59
BN-K250 + P1% - Air 20%	2376.03	2339.28

Beton Normal (BN-K350)	2366.76	2315.38
BN-K350 + HE 1%	2446.95	2622.74
BN-K350 + HE 1% - Air 5%	2443.20	2568.75
BN-K350 + HE 1% - Air 10%	2445.57	2524.23
BN-K350 + HE 1% - Air 15%	2303.45	2418.13
BN-K350 + HE 1% - Air 20%	2399.63	2369.90

Dari Tabel 4 diketahui bahwa rata-rata berat isi beton yang di uji berkisar antara 2300–2400 kg/m³ untuk beton K-250 baik untuk umur 3 hari maupun umur 28 hari. Jika dibandingkan dengan rata-rata berat isi beton normal, rata-rata berat isi beton yang ditambahkan Polinex HE memiliki rata-rata berat isi beton yang lebih besar, tetapi mengalami penurunan seiring dengan pengurangan air yang dilakukan.

Untuk beton K-350 memiliki rata-rata berat isi beton antara 2300 – 2600 kg/m³ baik untuk umur 3 hari maupun umur 28 hari. Peningkatan rata-rata berat isi beton yang ditambahkan Polinex HE pada beton K-350, lebih besar jika dibandingkan dengan peningkatan yang terjadi pada beton K-250.

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Detail hasil pengujian kuat tekan beton untuk umur 3 hari dan umur 28 hari beton K-250 dan beton K-350 dapat dilihat pada Tabel. 5.

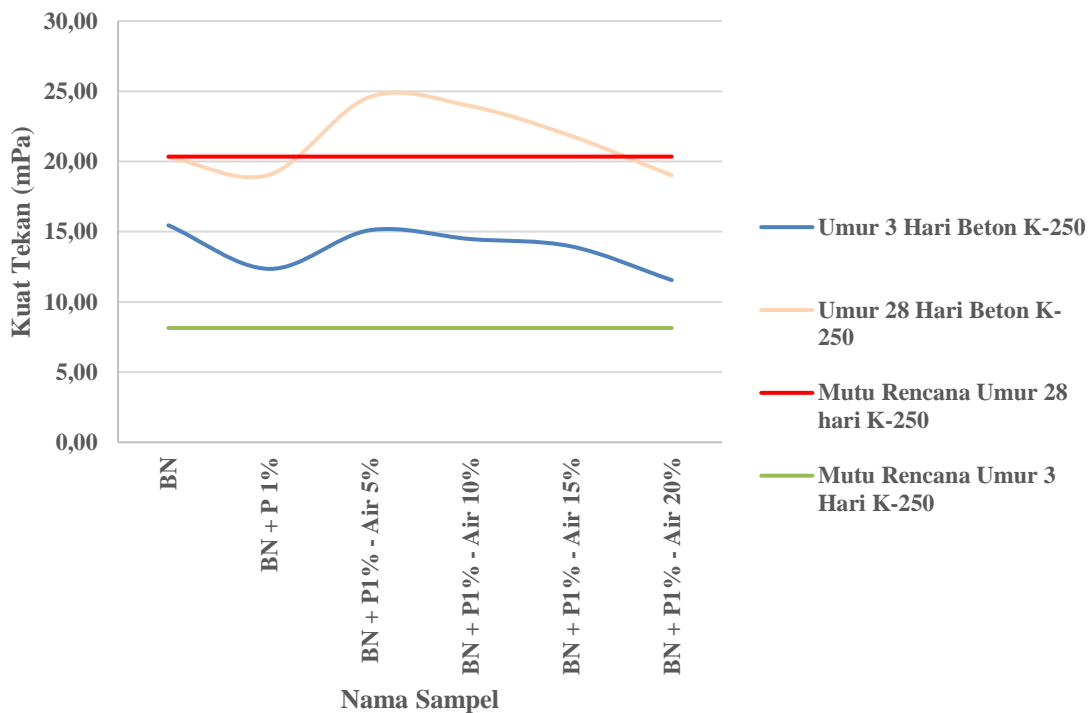
Tabel 5. Hasil Pengujian kuat tekan Beton

Nama Sampel	Rata-rata Kuat tekan Beton (Mpa)	
	Umur 3 Hari	Umur 28 Hari
Beton Normal (BN-K250)	15.45	20.31
BN-K250 + P1%	12.35	19.05
BN-K250 + P1% - Air 5%	15.10	24.59
BN-K250 + P1% - Air 10%	14.47	23.94
BN-K250 + P1% - Air 15%	13.95	21.82
BN-K250 + P1% - Air 20%	11.55	19.00
Beton Normal (BN-K350)	16.31	27.07
BN-K350 + P 1%	16.92	28.13
BN-K350 + P 1% - Air 5%	18.71	28.65
BN-K350 + P 1% - Air 10%	20.87	28.71
BN-K350 + P 1% - Air 15%	17.42	29.90
BN-K350 + P 1% - Air 20%	19.18	33.29

Dari Table 5 diketahui bahwa pada umur 3 hari beton K-250 yang ditambahkan Polinex HE memiliki kuat tekan yang lebih kecil dibandingkan dengan Beton Normal. Dari semua variasi

yang ditambahkan Polinex HE, hanya BN-K250 + P1% - Air 5% yang memiliki kuat tekan hampir sama dengan Beton Normal yaitu 15.1Mpa. Artinya pada umur 3 hari beton K-250 yang ditambahkan Polinex HE tidak dapat mempercepat proses pengerasan.

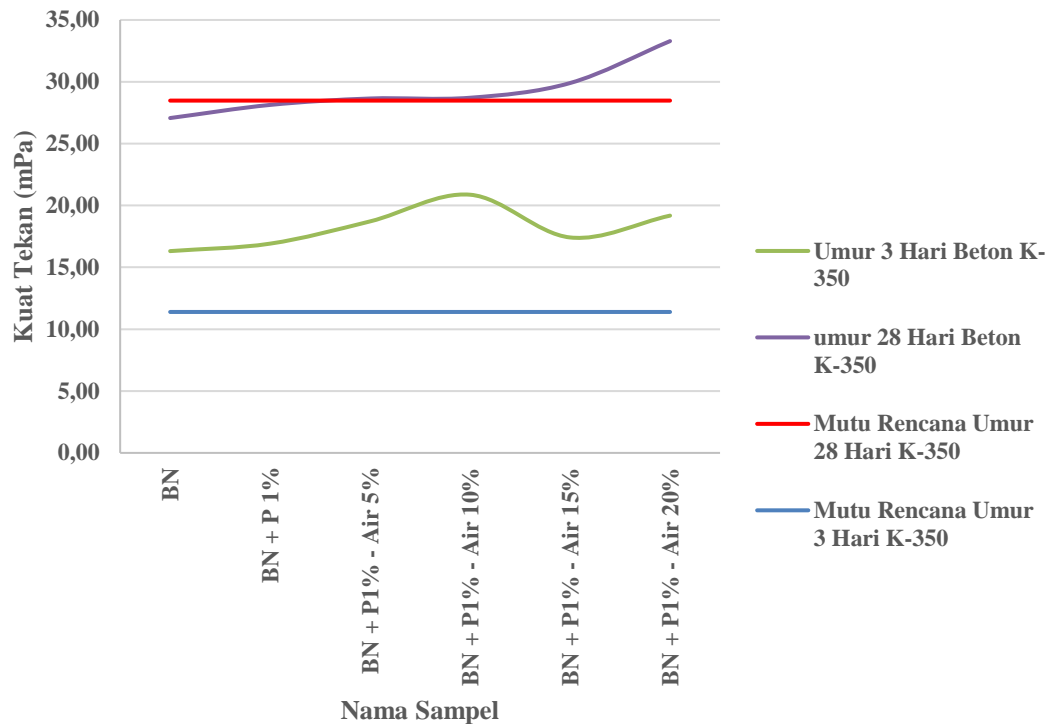
Sebaliknya pada beton K-350 pada umur 3 hari kuat tekan beton yang ditambah Polinex HE lebih besar dibandingkan dengan beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan Polinex HE sebanyak 1% pada beton K-350 dapat mempercepat proses pengerasan beton.



Gambar 5. Grafik hasil pengujian rata-rata kuat tekan beton K-250

Gambar 5 menunjukkan pada umur 28 hari rata-rata kuat tekan beton K-250 sangat bervariasi, sampel BN-K250 + P1% - Air 5% memiliki nilai kuat tekan beton yang paling tinggi dibandingkan sampel lain. Peningkatan kuat tekan beton K-250 terjadi pada sampel yang jumlah airnya di kurangi mulai dari 5-15% jika dibandingkan dengan beton normal dan mutu rencana. Hal ini menunjukkan bahwa pada variasi pengurangan jumlah air 5% pada beton yang ditambahkan Polinex HE memberikan performa terbaik jika ditinjau dari sisi kuat tekan beton.

Untuk beton K-350 seiring dengan pengurangan jumlah air, terjadi peningkatan rata-rata kuat tekan beton jika dibandingkan dengan beton normal seperti yang terlihat pada Gambar 6. Rata-rata kuat tekan maksimum terjadi pada sampel BN-K350 + P 1% - Air 20% yaitu senilai 33,29 Mpa. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan Polinex HE dengan pengurangan ratio air semen (pengurangan air) dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton.



Gambar 6. Grafik hasil pengujian rata-rata kuat tekan beton K-350

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat disimpulkan beberapa hal tentang pengaruh pengurangan air pada beton yang menggunakan Polinex HE sebagai bahan tambah sebagai berikut :

1. Dapat meningkatkan nilai slump antara 5-58% untuk beton K-250, 77-111% untuk beton K350 jika dibandingkan dengan beton normal, tetapi mengurangi workability jika dibandingkan dengan beton Polinex HE tanpa pengurangan air.
2. Terjadi pengurangan berat isi beton seiring dengan pengurangan jumlah air pada beton.
3. Pada beton K-250 pengurangan air sebesar 5% memberikan nilai rata-rata kuat tekan beton maksimal, sedangkan pada Beton K-350 rata-rata kuat tekan beton maksimal terjadi pada beton dengan pengurangan air 20%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pihak PT.Kunango Jantan yang telah mendukung penelitian ini dengan memberikan sumbangan material penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Raj, G. Budhani, D. Tyagi, and A. Chaudhary, "Analysis on Use of Superplasticizer

- Content on Mix Design of High Strength Concrete (M100),” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, no. July, pp. 915–918, 2008, [Online]. Available: www.irjet.net
- [2] S. Fauziah, A. Anisah, and S. Musalamah, “Studi Kuat Tekan Beton Speedcrete Dengan Zat Additive Naphthalene Berdasarkan Variasi Umur,” *Menara J. Tek. Sipil*, vol. 14, no. 2, 2019, doi: 10.21009/jmenara.v14i2.17481.
- [3] M. Ulul Azmi, “Pengaruh Penambahan Superplasticizer Sika Viscocrete 1003 Untuk Mencapai Kuat Tekan Awal Tinggi Beton,” vol. 1, pp. 1–10, 2020, [Online]. Available: <http://journal.uib.ac.id/index.php/cbssit>
- [4] A. Lec and D. Shakir, “Some Properties of Superplasticized and Retarding Concrete Under Effect of Accelerated Curing Methods” *تمسلا تئاسرخل تئنايميكلا تافاضملا ريوطت صخي اميف تاحاجنلا* “نم ريئكلا تققحت تريخلا دوقعلا في” vol. 18, no. 5, pp. 539–551, 2012.
- [5] S. Alsadey and S. Mohamed, “Evaluation of the superplasticizer effect on the workability and strength of concrete,” *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 1, p. 198, 2020, doi: 10.14419/ijet.v9i1.29909.
- [6] S. Alsadey, M. Salam Mohammed, S. Alsadey Mohamed, and M. Azmi Megat Johari, “Influence of Superplasticizer Compatibility on the Setting Time, Strength and Stiffening Characteristics of Concrete,” *Adv. Appl. Sci.*, vol. 1, no. 2, pp. 30–36, 2016, doi: 10.11648/j.aas.20160102.12.
- [7] M. Salem, S. Alsadey, and M. Johari, “Effect of Superplasticizer Dosage on Workability and Strength Characteristics of Concrete,” *IOSR J. Mech. Civ. Eng.*, vol. 13, no. 04, pp. 153–158, 2016, doi: 10.9790/1684-130407153158.
- [8] P. G. Tabaiyan MFY, “pengaruh penambahan zat aditifgrolen HP10+ dan additon HE water reducing retarding admixture superplasticizer terhadap kuat tekan beton,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Sipil* 2023, 2023.
- [9] I. G. M. Sudika, N. K. Astariani, and I. G. S. Kanca, “Pengaruh Penambahan Admixture Adhesive Manufacturer 78 (Am 78) Terhadap Kuat Tekan Beton,” *Jur. Tek. Gradien*, vol. 9, no. 2, pp. 1–12, 2017.
- [10] J. W. M. Rafael, A. Y. Lukas, A. E. Mata, and W. M. Daga, “Pengaruh Penambahan Superplasticizer Pada Beton Dengan Limbah Egg Tray Terhadap Kuat Tekan Beton Untuk Pembuatan Beton Ramah Lingkungan,” *JUTEKS J. Tek. Sipil*, vol. 7, no. 2, p. 69, 2022, doi: 10.32511/juteks.v7i2.885.
- [11] M. Dzikri and M. Firmansyah, “Pengaruh Penambahan Superplasticizer Pada Beton Dengan Limbah Tembaga (Copper Slag) Terhadap Kuat Tekan Beton Sesuai Umurnya,” *J. Rekayasa Tek. Sipil*, pp. 1–9, 2018.
- [12] S. Hernomo and Firdaus, “Pengaruh Penambahan Superplasticizer Untuk Kuat Tekan Pada Beton Normal K350 Menggunakan Semen Pcc,” *BinaDarma Conf. Eng. Sci.*, pp. 240–250, 2019.
- [13] L. Abdul, G. Zghair, and S. R. Rasheed, “Effect of Type and Composition of Chemical Admixture on Properties of Produced Concrete,” vol. 7, no. 6, pp. 290–297, 2016.
- [14] G. M. S. Islam, M. T. Raihan, M. M. Hasan, and M. Rashadin, “Effect of retarding superplasticizers on the properties of cement paste, mortar and concrete,” *Asian J. Civ. Eng.*, vol. 20, no. 4, pp. 591–601, 2019, doi: 10.1007/s42107-019-00128-y.
- [15] SNI-03-1968-1990, “Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar,” *Badan Stand. Nas.*, pp. 1–5, 1990.
- [16] SNI 03-1971, “Metode Pengujian Kadar Air Agregat,” *Badan Standarisasi Nas.*, vol. 27, no. 5, p. 6889, 1990.
- [17] SNI-03-1970-1990, “Metode Pengujian Berat Jenis dan penyerapan air agregat halus,” *Badan Stand. Nas.*, pp. 1–17, 1990.
- [18] SNI 03-4804-1998, “Metode Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat,” *Pustran Balitbang PU*, pp. 1–6, 1998.
- [19] SNI 15-2531-1991, “Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland,” *Badan Standar Nas. Indones.*, pp. 1–2, 1991.

- [20] SNI 03-2816-1992, "Metode Pengujian Kadar Zat Organik Agregat Halus," Badan Stand. Nas., vol. 4, pp. 2-3, 1992.
- [21] SNI-7656:2012, "SNI 7656:2012 Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa," Badan Standarisasi Nas., p. 52, 2012.
- [22] SNI-1972-2008, "Cara Uji Slump Beton," Badan Stand. Nas., 2008.
- [23] SNI 1973:2008, "Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton," Badan Stand. Nas., pp. 1-7, 2008.
- [24] SNI-1974-2011, "SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder," Badan Stand. Nas. Indones., p. 20, 2011.