

KAJIAN WAKTU IKAT BETON DENGAN VARIASI RETARDEX BUBUK SEBAGAI RETARDER BETON

Wibowo, Endah Safitri, Anggita Pratiwi

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126. Telp. 0271-634524.

Email: wibowo68@staff.uns.ac.id

Abstract

The rapid development of the construction world is closely interlinked with technological advancement. Slump value is one of many aspects that affect the final characteristics of concrete mix. However, the time required to deliver the ready-mix concrete and to cast the concrete from pouring to compacting is influencing slump value. Thus, concrete additives are often used to shorten concrete setting time without impacting its quality. This study aims to examine the effect of Retardex powder as a concrete additive variation on the setting time of concrete. The variant levels of Retardex powder used were 0%; 0.20%; 0.25%; 0.30%; 0.35%; 0.40%; 0.45%, and 0.50% by weight of cement. The concrete setting time test was done with a vicat. The concrete setting time test specimen is a conical ring with an inside diameter at the top of 60 mm, an inside diameter at the bottom of 70 mm, and a height of 40 mm. Based on research, the addition of Retardex powder decreases setting time. However, Retardex powder addition in all amount levels didn't satisfy the setting time requirement stated by ASTM C494/C494M.

Keywords : Admixture, concrete, retarder, Retardex powder, setting time

Abstrak

Perkembangan konstruksi yang semakin pesat dipengaruhi oleh perkembangan teknologi. Salah satu yang mempengaruhi hasil campuran beton yaitu nilai *slump* beton yang menjadi tidak sesuai rencana. Waktu yang diperlukan dalam pengiriman beton *ready mix* dan waktu proses pengecoran dari penuangan hingga pemadatan dapat mempengaruhi nilai *slump*, sehingga bahan tambah diperlukan untuk memperlambat waktu pengikatan beton tanpa mengurangi mutu beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan variasi bahan tambah *Retardex* bubuk terhadap waktu ikat beton. Kadar *Retardex* bubuk yang digunakan yaitu 0%; 0,20%; 0,25%; 0,30%; 0,35%; 0,40%; 0,45%, dan 0,50% dari berat semen. Pengujian waktu ikat dilakukan menggunakan alat *vicat*. Benda uji waktu ikat yang digunakan berupa kerucut terapung tinggi 40 mm, diameter dasar 70 mm, dan diameter bawah 60 mm. Berdasarkan penelitian, penambahan variasi bahan tambah *Retardex* bubuk dapat memperlambat waktu ikat, namun penggunaan *Retardex* bubuk untuk semua kadar variasi tidak memenuhi persyaratan waktu ikat untuk dikategorikan sebagai bahan tambah *retarder* beton menurut ASTM C 494/C 494M.

Kata Kunci : Bahan tambah, beton, *retarder*, *Retardex* bubuk, waktu ikat

PENDAHULUAN

Material beton digunakan disetiap bagian besar pekerjaan konstruksi sebagai kebutuhan utama maupun kebutuhan penunjang. Penggunaan beton yang terus meningkat membuat inovasi penggunaan bahan tambah yang dapat meningkatkan kualitas beton juga semakin tinggi (Putra, 2021). Menurut SNI 2847:2013, beton adalah campuran antara semen *portland*, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah yang membentuk massa padat. Kebutuhan material beton yang besar membuat industri beton *ready mix* bermunculan. Jarak antara tempat pengadukan dan tempat penuangan beton yang semakin jauh dapat mempengaruhi pengerjaan pengadukan beton segar berskala besar dan mempengaruhi hasil campuran beton yaitu membuat nilai *slump* menjadi tidak sesuai rencana (Nurfitriani et al., 2019).

Modifikasi campuran beton diperlukan dengan bahan tambah untuk mempertahankan nilai *slump* rencana yang lebih lama, yaitu bahan kimia *retarder* agar dapat menghambat reaksi hidrasi semen atau waktu pengikatan beton tanpa mengurangi mutu beton (Sutandar, 2016). Mutu beton merupakan pertanda dari kekuatan karakteristik dari beton dan terdapat banyak parameter yang mempengaruhi hasil dari campuran beton. Menurut SNI 03-6827-2002, waktu ikat atau *setting time* beton merupakan waktu yang dibutuhkan campuran untuk berubah dari keadaan cair menjadi padat. Pasta semen yang plastis dan dapat dibentuk merupakan hasil pencampuran semen dan air (Setiawati et al., 2021).

Bahan tambah adalah bahan yang digunakan untuk mengubah sifat beton segar atau setelah mengeras seperti mempercepat atau memperlambat waktu ikat, meningkatkan *workability*, kuat tekan dan lainnya (Rahmat et al., 2016). Berdasarkan Surat Edaran Menteri PUPR Nomor 22/SE/M/2015 mengenai “Pedoman Penggunaan Bahan Tambah Kimia (*Chemical Admixture*) dalam Beton”, salah satu komposisi kimia *retarder* adalah karbohidrat dan gula. Bahan tambah *retarder* terdiri dari jenis-jenis asam dan gula hingga turunan-turunan gula. Kadar campuran gula yang semakin tinggi membuat semakin lama waktu ikat awalnya (Rajela & Eswahyudi, 2019).

Retardex adalah salah satu produk hasil samping fermentasi olahan tetes tebu atau molase menjadi etanol dan diberi *treatment* khusus oleh PT. Indo Acidatama Tbk yang memiliki kandungan gula dan asam organik. Kandungan gula dalam *Retardex* mengindikasikan bahwa penggunaannya terhadap beton dapat memperlambat waktu ikat beton (Putri, 2023). Hidrasi semen adalah proses terbentuknya padatan keras akibat proses kimiawi ketika air ditambahkan ke dalam campuran semen (Nirei & Mitamura, 2018). Cara kerja *retarder* adalah dengan melapisi butiran semen C_3S (trikalsium silikat) dengan OH^- sehingga dapat menunda terjadinya reaksi kimia antara semen dan air (Desmi, 2014).

Berdasarkan pada ASTM C 494 /C 494 M (2013), terdapat tiga jenis bahan tambah *retarder*, yaitu *Retarding Admixtures* (Tipe B), *Water-reducing and Retarding Admixtures* (Tipe D), dan *Water-reducing, High Range, and Retarding Admixtures* (Tipe G). Semua tipe bahan tambah *retarder* memiliki perbedaan terhadap kadar air, waktu pengikatan, kuat tekan, kuat lentur, dan susut kering. *Retarder* merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk memperlambat waktu ikat sehingga untuk waktu yang lebih lama campuran akan tetap *workable* atau mudah dikerjakan.

Salah satu indikator penggolongan bahan tambah *retarder* adalah apabila yang penggunaannya dapat memperlambat waktu ikat awal atau *initial setting time* beton minimal 1 jam dan maksimal 3 jam 30 menit lebih lama dari kontrol, serta memperlambat waktu ikat akhir atau *final setting time* beton maksimal 3 jam 30 menit lebih lama dari kontrol. Penggunaan *retarder* yang berlebihan dapat memberikan efek samping perlambatan yang berlebihan atau *excessive retardation* (Hanafi, 2018). Selain itu penggunaan *retarder* yang berlebihan membuat campuran beton mengalami *bleeding* dan beton menjadi *long setting* sehingga kuat tekan akan menurun akibat banyaknya pori pada beton yang menjadi salah satu penyebab beton mudah retak (Putra et al., 2014).

Berdasarkan Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan (1991) tentang Pengkajian Penggunaan Bahan Tambah dalam Campuran Beton Semen, kadar *retarder* yang efektif yaitu antara 0,25% hingga 0,35% berat semen. Penggunaan kadar yang terlalu tinggi dapat membuat waktu pengikatan hingga lebih dari 24 jam. Penggunaan *retarder* berpengaruh pada kuat tekan dan kadar air yang berpengaruh pada workabilitas beton segar.

Penelitian ini ingin mengetahui pengaruh penambahan variasi bahan tambah *Retardex* bubuk terhadap waktu ikat beton. Parameter yang digunakan untuk mengelompokkan bahan tambah ke dalam kategori *retarder* adalah waktu ikat beton. Kadar *Retardex* bubuk yang digunakan yaitu 0%; 0,20%; 0,25%; 0,30%; 0,35%; 0,40%; 0,45%, dan 0,50% dari berat semen. Pengujian waktu ikat dilakukan menggunakan alat *vicat* dan hasilnya ditentukan dari grafik hubungan penetrasi terhadap waktu penetrasi. Penambahan *Retardex* bubuk pada beton diharapkan dapat memperlambat waktu ikat beton.

METODE

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode penelitian kuantitatif dengan melakukan penambahan variasi kadar *Retardex* bubuk untuk mengetahui pengaruhnya terhadap waktu pengikatan beton. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil FT UNS. Pengujian dilakukan dengan menambahkan tujuh variasi kadar *Retardex* bubuk dengan satu benda uji tanpa *Retardex* bubuk sebagai pembanding. Berdasarkan pada penelitian Sabrina et al. (2017), maka dipilih variasi kadar *Retardex* bubuk yang digunakan, yaitu 0%, 0,20%, 0,25%, 0,30%, 0,35%, 0,40%, 0,45%, dan 0,50% terhadap berat semen. Pengujian menggunakan alat *vicat* dilakukan berdasarkan SNI 03-6827-2002 yaitu “Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen *Portland* dengan Menggunakan Alat *Vicat* untuk Pekerjaan Sipil”.

Rancang Campur

Pembuatan campuran pasta semen dengan variasi *Retardex* bubuk dibuat sesuai standar ketentuan SNI 03-6827-2002 yaitu “Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen *Portland* dengan Menggunakan Alat *Vicat* untuk Pekerjaan

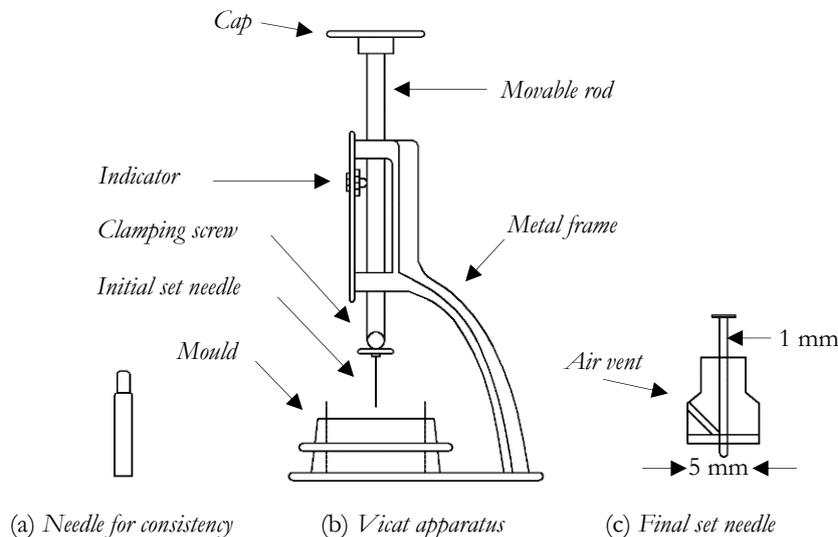
Sipil". Benda uji dirancang menggunakan berat semen *portland* sebanyak 300 gram sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Kadar air yang digunakan adalah kadar air konsistensi normal. Pengujian nilai konsistensi normal yang telah dilakukan, didapat air yang digunakan yaitu sebesar 90 gram. Hasil rekapitulasi campuran pasta semen untuk pengujian *setting time* dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Rekapitulasi campuran pasta semen dengan variasi bahan tambah *Retardex* bubuk

Kadar <i>Retardex</i> Bubuk terhadap Berat Semen	Air (gr)	Semen (gr)	<i>Retardex</i> Bubuk (gr)
0%	90	300	0
0,20%	90	300	0,60
0,25%	90	300	0,75
0,30%	90	300	0,90
0,35%	90	300	1,05
0,40%	90	300	1,20
0,45%	90	300	1,35
0,50%	90	300	1,50

Pengujian

Pengujian ini menggunakan alat *vicat* yang mencakup cara mengukur penetrasi campuran pasta semen pada waktu tertentu dengan menggunakan jarum *vicat* seperti pada **Gambar 1**. Benda uji waktu ikat untuk masing-masing variasi menggunakan tiga buah sampel dengan menggunakan campuran pasta semen dan diletakkan pada *conical ring* dengan tinggi 40 mm, diameter dasar 70 mm, dan diameter bawah 60 mm (ASTM C-191). Suhu pengujian menggunakan suhu udara ruangan. Pengujian waktu ikat dilakukan untuk mendapatkan grafik antara waktu dan penetrasi dalam satuan milimeter.



Gambar 1. *Set up* pengujian waktu ikat menggunakan alat *vicat*

Campuran pasta semen dibuat hingga tercampur rata menggunakan tangan dan dibentuk seperti bola yang telah dilempar dari tangan kiri ke tangan kanan dengan jarak ± 15 cm sebanyak 6 kali. Pasta semen yang telah jadi dimasukkan ke cetakan benda uji hingga terisi penuh dan diletakkan pada pelat kaca. Penetrasi menggunakan jarum *vicat* yang dilakukan setiap interval waktu 15 menit dengan pembacaan skala pada nol dan kondisi jarum *vicat* yang bersih, lurus dan bebas getaran. Penentuan waktu ikat awal yaitu saat penetrasi jarum *vicat* sudah menunjukkan nilai 25 mm dan untuk waktu ikat akhir yaitu saat penetrasi pada jarum *vicat* sudah tidak terlihat secara visual atau menunjukkan nilai 0 mm. Hasil waktu pengikatan dilakukan dengan analisis regresi linear untuk mengetahui hubungan garis lurus dengan waktu.

Persyaratan Fisik Tipe Bahan Tambah *Retader*

Penggolongan terhadap tiga jenis bahan tambah *retarder* memiliki persyaratan pada parameter waktu ikat awal dan waktu ikat akhir yaitu dapat dilihat pada **Tabel 2**. Tiga jenis bahan tambah yang dapat dikategorikan sebagai *retarder* yaitu *Retarding Admixtures* (Tipe B), *Water-reducing and Retarding Admixtures* (Tipe D), dan *Water-reducing, High Range, and Retarding Admixtures* (Tipe G).

Tabel 2. Persyaratan bahan tambah *retarder* terhadap waktu ikat sesuai ASTM C 494/C 494M

Parameter	Tipe B (<i>Retarding Admixtures</i>)	Tipe D (<i>Water-reducing and Retarding Admixtures</i>)	Tipe G (<i>Water-reducing, High Range, and Retarding Admixtures</i>)
Waktu ikat beton, perbedaan nilai dengan beton kontrol, jam			
<i>Initial set:</i>			
Minimal	1:00 lebih lama	1:00 lebih lama	1:00 lebih lama
Maksimal	3:30 lebih lama	3:30 lebih lama	3:30 lebih lama
<i>Final set:</i>			
Minimal	-	-	-
Maksimal	3:30 lebih lama	3:30 lebih lama	3:30 lebih lama

HASIL DAN PEMBAHASAN

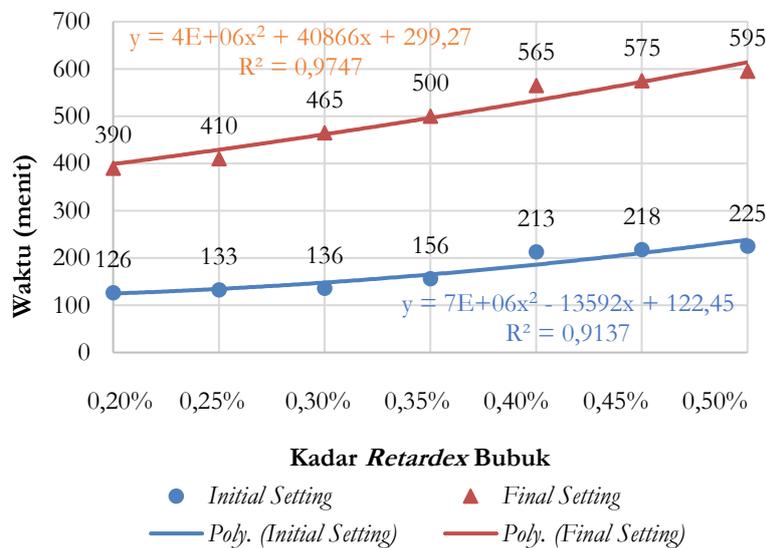
Hasil pengolahan data yang diperoleh dan analisisnya terhadap parameter waktu ikat dilakukan terhadap campuran pasta semen sesuai dengan persyaratan. Hasil pengujian waktu ikat pasta semen dengan penambahan variasi kadar *Retardex* bubuk terhadap beton kontrol dan analisa kesesuaiannya dengan standar yang berlaku yaitu ASTM C 494/C 494M dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil pengujian waktu ikat pasta semen dengan penambahan variasi kadar *Retardex* bubuk

Kadar <i>Retardex</i> Bubuk terhadap Berat Semen	Waktu Ikat Awal					Waktu Ikat Akhir				
	Waktu		Perlambatan terhadap Beton Kontrol		Min. 1 jam dan maks. 3 jam 30 menit dari kontrol	Waktu		Perlambatan terhadap Beton Kontrol		Maks. 3 jam 30 menit dari kontrol
	Jam	Menit	Jam	Menit		Jam	Menit	Jam	Menit	
0%	2	4	-	-	-	5	5	-	-	-
0,20%	2	6	0	2	Tidak Memenuhi	6	30	1	25	Memenuhi
0,25%	2	13	0	9	Tidak Memenuhi	6	50	1	45	Memenuhi
0,30%	2	16	0	12	Tidak Memenuhi	7	45	2	40	Memenuhi
0,35%	2	36	0	32	Tidak Memenuhi	8	20	3	15	Memenuhi
0,40%	3	33	1	29	Memenuhi	9	25	4	20	Tidak Memenuhi
0,45%	3	38	1	34	Memenuhi	9	35	4	30	Tidak Memenuhi
0,50%	3	45	1	41	Memenuhi	9	55	4	50	Tidak Memenuhi

Berdasarkan data pada **Tabel 3**, diperoleh bahwa peningkatan kadar *Retardex* bubuk membuat waktu ikat pasta semen mengalami perlambatan dan dapat mempertahankan *workability* yang lebih lama. Penambahan *Retardex* bubuk kadar 0,20% berat semen terjadi perbedaan waktu ikat awal selama 2 menit dari kontrol dan perbedaan waktu ikat akhir selama 1 jam 25 menit dari kontrol. Penambahan *Retardex* bubuk kadar 0,50% berat semen terjadi perbedaan waktu ikat awal selama 1 jam 41 menit dari kontrol dan perbedaan waktu ikat akhir selama 4 jam 50 menit dari kontrol. Perlambatan ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan tambah *Retardex* bubuk berpengaruh pada waktu ikat pasta semen.

Berdasarkan ASTM C 494/C 494M, perbedaan waktu ikat awal pada penambahan *Retardex* bubuk kadar 0,20%, 0,25%, 0,30%, dan 0,35% berat semen terjadi kurang dari 1 jam lebih lama dari kontrol sehingga tidak memenuhi parameter sebagai bahan tambah *retarder*. Perbedaan waktu ikat akhir pada penambahan *Retardex* bubuk kadar 0,40%, 0,45%, dan 0,50% berat semen terjadi lebih dari 3 jam 30 menit lebih lama dari kontrol sehingga tidak memenuhi parameter sebagai bahan tambah *retarder*. Tidak ada kadar *Retardex* bubuk yang memenuhi persyaratan waktu ikat sebagai *retarder*. Grafik hubungan antara hasil pengujian *setting time* pasta semen terhadap variasi kadar *Retardex* bubuk dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Grafik hubungan *setting time* pasta semen terhadap variasi kadar *Retardex* bubuk

Berdasarkan analisis regresi pada **Gambar 2**, didapatkan persamaan garis regresi yang menggambarkan hubungan penggunaan variasi kadar *Retardex* bubuk (x) terhadap waktu ikat awal dan waktu ikat akhir beton (y). Persamaan garis regresi ini digunakan untuk mengetahui kadar minimum dan maksimum *Retardex* bubuk yang memenuhi parameter waktu ikat beton sebagai bahan tambah *retarder* sesuai ASTM C 494/C 494 M. Hasil perhitungan kadar minimum dan maksimum *Retardex* bubuk yang memenuhi parameter waktu ikat beton sebagai *retarder* dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Kadar *Retardex* bubuk yang memenuhi parameter waktu ikat beton sebagai *retarder* sesuai ASTM C 494/C 494 M

Parameter	Persyaratan (ASTM C 494/C 494 M)	Kadar <i>Retardex</i> Bubuk terhadap Berat Semen yang Memenuhi
Waktu Ikat Awal	Min. 1 jam lebih lama dari beton kontrol	Min. 0,42%
	Maks. 3 jam 30 menit lebih lama dari beton kontrol	Maks. 0,65%
Waktu Ikat Akhir	Maks. 3 jam 30 menit lebih lama dari beton kontrol	Maks. 0,38%
Waktu Ikat Awal dan Waktu Ikat Akhir		Min. 0,42%
		Maks. 0,38%

Berdasarkan hasil analisis regresi pada **Tabel 4**, dapat dilihat bahwa pada parameter waktu ikat awal kadar *Retardex* bubuk minimum sebesar 0,42% berat semen yang memenuhi persyaratan minimal 1 jam lebih lama dan kadar maksimum sebesar 0,65% berat semen yang memenuhi persyaratan maksimal 3 jam 30 menit lebih lama, sedangkan untuk parameter waktu ikat akhir kadar *Retardex* bubuk maksimum sebesar 0,38% berat semen yang memenuhi persyaratan maksimal 3 jam 30 menit. Penggunaan kadar *Retardex* bubuk yang memenuhi kedua persyaratan waktu ikat awal dan waktu ikat akhir yaitu minimum 0,42% berat semen dan maksimum sebesar 0,38% berat semen.

Penambahan *Retardex* bubuk tidak memenuhi parameter *retarder* beton sesuai ASTM C 494/C 494 M karena tidak ada kadar *Retardex* bubuk yang berpotongan untuk memenuhi kedua persyaratan waktu ikat awal dan waktu ikat akhir beton. Bahan tambah *Retardex* bubuk untuk semua variasi kadar tidak dapat dikategorikan sebagai bahan tambah *retarder*.

KESIMPULAN

Penggunaan bahan tambah *Retardex* bubuk pada beton berpengaruh terhadap perlambatan waktu ikat (*setting time*) beton. Peningkatan variasi kadar *Retardex* bubuk dapat semakin memperlambat waktu ikat awal dan waktu ikat akhir beton. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, tidak ada kadar *Retardex* bubuk yang memenuhi kedua persyaratan terhadap perbedaan nilai waktu ikat awal dan waktu ikat akhir beton, sehingga penggunaan bahan tambah *Retardex* bubuk untuk semua kadar tidak memenuhi persyaratan waktu ikat beton untuk dikategorikan sebagai bahan tambah *retarder* beton sesuai dengan ASTM C 494/C 494M. Penggunaan bahan tambah *Retardex* bubuk pada campuran beton tidak direkomendasikan untuk digunakan pada pekerjaan konstruksi karena tidak memenuhi persyaratan waktu ikat sebagai *retarder* yang berpengaruh pada mutu beton yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak/Ibu dosen pembimbing, tim penelitian PT. Adhi Persada Beton Ngaru-Aru Boyolali, dan teman-teman yang telah memberi bimbingan maupun dukungan untuk menyelesaikan penelitian hingga penulisan artikel ini dibuat, serta laboran Laboratorium Bahan Konstruksi Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret atas bantuannya yang telah menyediakan sarana prasarana dalam penelitian ini.

REFERENSI

- ASTM C-191, A. (n.d.). Standar Test Methods for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle. *Annual Book of ASTM Standards 191-04, C*, 1–10.
- ASTM C 494 /C 494M. (2013). Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete. *Annual Book of ASTM Standards, 04*, 1–9.
- Desmi, A. (2014). Analisis Penggunaan Gula Pasir Sebagai Retarder pada Beton. *Teras Jurnal*, 4(2), 58–67. <https://doi.org/10.29103/tj.v4i2.24>
- Hanafi, M. I. (2018). *Pengaruh Pemakaian Serbuk Arang Kayu sebagai Filler Semen dan Zat Retarder Terhadap Penyerapan Air dan Kuat Tekan Beton*. Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
- Nirei, H., & Mitamura, M. (2018). *Cut and Fill*. 190–192. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73568-9_76
- Nurfitriani, N., Wibawa, T. P., & Amalia. (2019). Sifat-sifat Beton dengan Bahan Tambah Jenis Retarder. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil PNJ*, 21–26.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan. (1991). *Pengkajian Penggunaan Bahan Tambah dalam Campuran Beton Semen*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Putra, E. H. (2021). *Beton Sebagai Material Konstruksi*. Gre Publishing.
- Putra, F. Z., ST, P., & Murtinugraha, R. E. (2014). Studi Kuat Tekan Beton yang Mengalami Penundaan Penuangan dengan Penambahan Bahan Tambah Retarder. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 10. <https://doi.org/10.21009/jmenara.v9i2.7959>
- Putri, A. A. (2023). *Kajian Kuat Tekan dan Waktu Ikat Beton dengan Variasi Retardex Cair sebagai Retarder Beton*.
- Rahmat, Hendriyani, I., & Anwar, M. S. (2016). Analisis Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Reduced Water dan Accelerated Admixture. *INFO TEKNIK*, 17(2), 205–218.
- Rajela, A., & Eswahyudi. (2019). Pengaruh Penambahan Gula Pasir Terhadap Waktu Pengerasan Awal (Initial Setting) dan Kekuatan Beton K-250. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 6(1), 68–78.

<https://doi.org/10.35449/teknika.v6i1.105>

- Sabrina, N. A., Wibowo, & Supardi. (2017). Kajian Pengaruh Variasi Penambahan Bahan Retarder Terhadap Parameter Beton Memadat Mandiri Dengan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 1341–1348.
- Setiawati, M., Masri, & Rosmilawati. (2021). Setting Time Dan Kuat Tekan Beton Dengan Plastiment VZ. *Seminar Nasional AVoER XIII*, 280–285.
- SNI 03-6827-2002, S. N. I. (2002). Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Portland dengan Menggunakan Alat Vicat untuk Pekerjaan Sipil. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, 1–10.
- SNI 2847, S. N. I. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Badan Standardisasi Nasional*, 265.
- Surat Edaran Menteri PUPR No 22/SE/M/2015. (2015). Pedoman Penggunaan Bahan Tambah Kimia (Chemical Admixture) dalam Beton. *Surat Edaran Menteri PUPR*.
- Sutandar, E. (2016). Dosis Penggunaan Bahan Tambah Kimia (Chemical Admixture) pada Campuran Beton Normal.