

Pengaruh *Cold Joint Horizontal Cast* Terhadap Kuat Tekan pada Struktur Beton Berkekuatan Awal Tinggi

The Effect Cold Joint Horizontal Cast on The Compression Strength of Concrete Structure High Early Strength

Imam Santoso, Fadillawaty Saleh, Fanny Monika, Hakas Prayuda

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Beton adalah salah satu bahan konstruksi yang banyak digunakan pada bangunan struktur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen, dan air serta bahan tambah (*admixture*). Pekerjaan struktur yang berbahan beton sering ada permasalahan yang terjadi, salah satunya yaitu tertundanya proses pengecoran dikarenakan berbagai banyak faktor seperti truk *mixer* terlambat datang dikarenakan jarak antara *batching plan* dengan lokasi yang terlalu jauh dan masih banyak permasalahan lainnya baik dalam teknis maupun non teknis. Permasalahan ini mengakibatkan terjadinya sambungan dingin pada lapisan atas beton baru dengan lapisan beton di bawahnya dikarenakan waktu *setting* beton yang sangat singkat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak beton yang mengalami sambungan dingin horizontal *cast* dengan kuat tekan beton. Beton yang dipakai menggunakan bahan tambah (*admixture*) yaitu zat adiktif (*besmittel*). Penambahan zat adiktif (*besmittel*) ini dilakukan untuk mengetahui berapa jumlah proporsi beton yang diperlukan ketika penambahan bahan zat adiktif dan nilai kuat tekan beton dengan umur beton yang muda. Hasil penelitian ini menunjukkan beton mengalami sambungan dingin pada horizontal *cast* dengan waktu jeda pengecoran 120 menit mengakibatkan penurunan kuat tekan beton pada umur 28 hari sebesar 6,12% untuk arah horizontal dan 5,26% untuk sambungan dingin arah vertikal, sedangkan waktu jeda pengecoran 240 menit nilai penurunan yang didapat sebesar 19,40% untuk arah horizontal dan 11,04% untuk arah vertikal. Penelitian ini menunjukkan bahwa waktu jeda pengecoran 120 menit dan 240 menit arah vertikal lebih kuat 0,86% dan 8,46% dibandingkan arah horizontal. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin lama waktu jeda pengecoran maka kuat tekan beton akan semakin berkurang.

Kata-kata kunci: beton, sambungan dingin, *bestmittel*, dan kuat tekan.

Abstract Concrete is one of construction material that used for building that consists of coarse aggregate, fine aggregate, cement, water, also additional material (*admixture*). The concrete structure ofthen have problems such as delayed casting process because of many factors like low mobilization and many more. This problems cause the effect of cold joint in surface and under concrete layer due to concrete setting time shortly. The purpose of this study is to analyze the impact of the concrete that having a cold joint at horizontal cast with compression strength. Concrete that used in this study is using admixture such as additive material (*besmittel*). Adding *besmittel* in this study is to know the proportional concrete that needed when adding the additive material and to know the value of compression strength. The result of study with casting time delay 120 minutes caused of low quality of compression strength with 28 days age for 6,12% horizontal and 5,26% vertical. For the casting time delay 240 minutes, compression strength decreased with 19,40% horizontal and 11,04% vertical. This study shows that the casting time of 120 minutes and 240 minutes of vertical direction is stronger 0.86% and 8.46% compared to the horizontal direction. The results shown that vertical direction is better than horizontal, it means more it's casting time day delay, the compression strength of the concrete decreased.

Key words: concrete, cold joint, *besmittel*, and compression strength

1. Pendahuluan

Beton merupakan salah satu jenis bahan konstruksi yang banyak digunakan dalam bidang struktur yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, air, dan semen serta bahan

tambah (*admixture*). Beton berkekuatan awal tinggi yang dimaksud adalah untuk mengetahui nilai kuat tekan pada umur beton yang muda dengan penambahan bahan tambah (*admixture*) yang berupa zat adiktif (*besmittel*).

Pekerjaan struktur yang digunakan beton biasanya akan ada permasalahan yang terjadi dikarenakan). Pekerjaan struktur yang berbahan beton ada permasalahan yang terjadi, salah satunya yaitu tertundanya proses pengecoran dikarenakan berbagai banyak faktor seperti truk *mixer* terlambat datang dikarenakan jarak antara *batching plan* dengan lokasi yang terlalu jauh dan masih banyak permasalahan lainnya baik dalam teknis maupun non teknis. Permasalahan ini mengakibatkan terjadinya sambungan dingin (*cold joint*) pada lapisan atas beton baru dengan lapisan beton di bawahnya dikarenakan waktu *setting* beton yang sangat singkat. Menurut Bahar dkk. (2004) *cold joint* adalah titik sambung atau keadaan putus dikarenakan adanya jeda waktu penuangan (misalnya: beton segar) yang bisa menghalangi penggabungan dua material yang dituang secara terus-menerus. Beton yang mengalami *cold joint* kemungkinan bisa masuk air ke dalam beton sehingga menyebabkan beton mengalami retak.

Yoo dan Kwon (2016) melakukan penelitian tentang *cold joint*. Berdasarkan penelitiannya untuk konstruksi yang efisien, campuran beton harus dituangkan secara terus-menerus agar beton tidak mengalami kondisi buruk yaitu *cold joint*. Difusi klorida yang masuk ke dalam beton *cold joint* lebih cepat dan juga dipengaruhi oleh kondisi pembebanan. Menurut Yang, dkk (2018) meneliti tentang perubahan koefisien difusi klorida dalam *cold joint* yang harus mempertimbangkan pengaruh waktu dan kondisi pembebanan. Pengaruh waktu pada difusi klorida adalah parameter terpenting untuk mendesain daya tahan beton bertulang di berbagai kondisi pembebanan. Pengujian yang dilakukan. Torres, dkk (2015) mengungkapkan bahwa masalah *cold joint* ada dua perspektif yang saling melengkapi yaitu hilangnya resistensi akibat terjadinya *cold joint* di beton dan kinerjanya dianalisis untuk mensimulasikan perilaku ketergantungan waktu beton ketika ada beban dan tidak ada beban.

Illangakoon, dkk (2019) dilakukan penelitian bahwa kemampuan struktur beton dapat dipengaruhi oleh adanya *cold joint* yang disebabkan oleh penurunan kuat tekan, tulangan baja pada beton, dan rusaknya estetika di permukaan beton. Kondisi cuaca panas dapat

terjadi pembentukan *cold joint* yang parah dikarenakan adanya penguapan di permukaan beton yang berlebihan dan waktu *setting* beton yang singkat.

Menurut Rathi dan Kolase (2013) disampaikan bahwa *cold joint* dapat terjadi karena keterlambatan pengecoran dan urutan pengecoran yang tidak teratur. Pada beton yang mengalami penundaan panjang, beton harus digetarkan dan berjalan secara berkala akan tetapi beton tidak boleh terlalu bergetar yang bisa menyebabkan kerugian.

Pada beton yang berkekuatan awal tinggi Eskandarsefat (2018) melakukan penelitian bahwa hambatan dalam pembangunan konstruksi yaitu pada kondisi iklim yang dingin. Beton harus dijaga 24 jam setelah ditempatkan dalam cuaca dingin. Pembentukan beton awal mengurangi kuat tekan beton hingga 50%. Tidak ada batas maksimum suhu air dalam pencampuran untuk menghasilkan beton dengan semen yang berkekuatan awal tinggi. Suhu air sangat mempengaruhi nilai *slump* karena semakin tinggi pencampuran suhu air maka semakin tinggi *slump*. Dengan meningkatnya *slump* karena kenaikan suhu air, maka *bleeding* semakin tinggi dan segregasi.

Yi, dkk (2018) *Magnesium Fosfat Cement* (MPC) menjadi bahan semen untuk bahan berpori dengan berkekuatan awal tinggi dengan kondisi *curing*. Tetapi ketahanan terhadap air yang sangat buruk dari berbahan MPC. Dengan penambahan metakaolin untuk meningkatkan kinerja MPC diharapkan mampu menghasilkan pori-pori menjadi lebih halus yang membuat struktur pori lebih seragam.

Haach, dkk (2015) penelitian ini mengevaluasi penggunaan ultrasonik untuk karakteristik sifat mekanik beton yang diproduksi dengan semen berkekuatan awal tinggi. Tes ultrasonik dilakukan dari awal hingga 28 hari yang telah dibuat sangat baik antara modulus elastisitas dan kuat tekan beton yang sudah tercapai. Hasilnya menunjukkan bahwa semen kuat awal tinggi meningkat secara signifikan dalam 24 jam pertama. Menurut Min, dkk (2014) menjelaskan bahwa uap *curing* diperlukan dalam pembuatan beton pracetak. Penelitian ini menyebabkan penurunan produktivitas dan berfokus pada pengembangan kekuatan tahap awal untuk beton pracetak lebih dari 10 MPa setelah 6 jam

pengeringan pada suhu ruangan tanpa pengeringan uap.

Duan, dkk (2016) penelitian ini tentang tahanan air perbaikan *geopolimer* dengan permukaan *hidrofobik* dan kuat tekan tinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan perubahan permukaan *hidrofobik* sudah tercapai karena meningkatnya sudut kontak pada permukaan *geopolimer* dari 21 hingga 122. Bahan perbaikan *geopolimer* yang baru dikembangkan memiliki waktu *setting* pendek sekitar 24 menit, *flow* tinggi dari 212 mm dan kuat tekan awal yang tinggi mulai dari % MPa pada satu hari dan 7,6 MPa pada 7 hari. *Geopolimer* ini bisa *digunakan* untuk perbaikan jalan atau sebagai pelapis perlindungan untuk beton dilaut.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh sambungan dingin (*cold joint*) terhadap kuat tekan beton yang berkekuatan awal tinggi pada struktur beton. Penelitian ini didapatkan data untuk dilakukan perbandingan antara beton dalam kondisi normal dengan beton dalam kondisi sambungan dingin (*cold joint*) dan menganalisis pengaruh lama waktu jeda pengecoran pada arah sambungan dingin (*cold joint*) yaitu horizontal dan vertikal terhadap kuat tekan beton.

2. Metode Penelitian

Semen

Semen digunakan yaitu mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras setelah dicampur oleh air, jenis semen ini dikelompokkan semen hidrolik. Semen hidrolik ini yang banyak digunakan adalah semen *portland*. Menurut Setiawan (2016) semen *portland* adalah material berbentuk bubuk berwarna abu-abu yang banyak mengandung kalsium dan aluminium silika. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen jenis PCC (*portland composite cement*) dengan merek dagang *Holcim Power Max*.

Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil hasil disintegrasi alami dari buatan (berupa batu pecah yang terdapat di pabrik pemecahan batu) dan mempunyai ukuran butir 5 mm sampai 40

mm (BSN, 2002). Agregat kasar yang dipakai adalah kerikil Clereng yang berasal dari kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sifat fisik dan mekanik agregat kasar tercantum pada Tabel 1

Tabel 1 sifat fisik dan mekanis agregat kasar

Nama Pengujian	Hasil pengujian	Satuan
Berat jenis semu	2,70	-
Berat jenis curah kering permukaan	2,51	-
Berat jenis curah kering permukaan	2,58	-
Kadar lumpur	4,92	%
Penyerapan air	2,82	%
Kadar air	3,71	%
Keausan (<i>los angeles</i>)	32,87	%
Berat isi	1,54	ton/m ³

Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang berbutir 4,76 mm yang berasal dari olahan (hasil dari pabrik pemecah batu) atau alam (yang dapat diperoleh dari dalam tanah, sungai, atau dari tepi laut) (BSN, 2002). Agregat halus yang diambil pada penelitian ini adalah pasir Progo yang berasal dari sungai Progo, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sifat fisik mekanik agregat tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2 sifat fisik dan mekanis agregat halus

Nama Pengujian	Hasil pengujian	Satuan
Berat jenis semu	2,75	-
Berat jenis curah kering permukaan	2,54	-
Kadar lumpur	2	%
Penyerapan air	4,83	%
Kadar air	6,17	%
Analisis saringan (modulus halus butir)	2,75	-

Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting. Penggunaan air yang digabungkan dengan semen sehingga menjadi pasta semen yang berfungsi untuk mengikat agregat. Proses pencampuran antara air dan semen akan menimbulkan reaksi kimia yang biasa disebut dengan reaksi hidrasi. Menurut (Mulyono, 2003) syarat umum air yang terdapat digunakan untuk pencampuran beton adalah bersih, harus tidak boleh mengandung asam,

minyak, alkali, zat organis, dan bahan lainnya yang dapat merusak beton.

Zat adiktif (*Besmittel*)

Bahan tambah mineral (*additive*) adalah bahan tambah untuk memperbaiki kinerja beton dan lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kerja beton sehingga bahan ini lebih cenderung bersifat pengikat (Mulyono, 2004). Pada penelitian ini zat adiktif yang digunakan yaitu *besmittel* yang berasal dari PT. Multi Eraguna Usaha

Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Penelitian ini menggunakan perencanaan campuran (*mix design*) dengan metode *ACI 211.1-91* dengan kuat tekan ($f'c$) rencana sebesar 30 MPa. Penambahan zat adiktif yang diambil adalah 0,5% dengan penggunaan air dikurangi sebesar 30% karena untuk kuat tekan awal tinggi air harus lebih sedikit tetapi *workability* akan susah. Kegunaan zat adiktif untuk *workability* akan menjadi mudah dan nilai kuat tekan awal tinggi bisa didapat. Perencanaan campuran beton dapat dilihat pada Tabel 5

Slump Test

Slump test adalah teknik untuk mengontrol *workability* (kemudahan dalam pekerjaan) dan *homogeneity* terhadap adukan beton segar dengan kekentalan tertentu yang dinyatakan dalam nilai *slump* (BSN, 2008). Pengujian *slump* bertujuan untuk mengetahui *workability* (kemudahan pengerjaan beton segar) sebelum diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran. Nilai *slump* adalah nilai yang diperoleh dari hasil uji *slump* dengan cara menuangkan beton segar ke dalam corong baja berupa kerucut, kemudian ditarik ke atas sehingga beton segar meleleh ke bawah. Besar penurunan permukaan beton segar yang diukur itulah yang dinamakan nilai *slump*. Pengujian *slump* yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan kerucut *abrams* dengan ukuran diameter 10 cm, tinggi 30 cm, dan diameter bawah 20 cm.

Beton Cold Joint

Beton *cold joint* pada penelitian ini terdiri dari agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), air, semen, dan bahan tambah berupa zat adiktif (*besmittel*) yang mana

pembuatannya menggunakan waktu jeda pengecoran. Beton *cold joint* dibuat dua kali pencampuran material dan penuangan dengan waktu jeda pengecoran yang berbeda. Penuangan tidak tepat bisa terjadinya pembentukan kerak di permukaan yang menghalangi penggabungan monolit antara lapisan beton dengan dicor secara terus menerus yang menyebabkan terjadinya *cold joint*.

Waktu Jeda Pengecoran

Waktu jeda pengecoran adalah penundaan pencampuran beton segar ke dalam beton lama dengan waktu yang telah ditetapkan agar terbentuknya sambungan dingin (*cold joint*) pada beton sehingga dapat dianalisis perilakunya. Waktu jeda pengecoran yang telah ditetapkan pada penelitian ini adalah 120 menit dan 240 menit. Penentuan waktu jeda pengecoran didasari oleh standar yang dibuat JSCE (2007) yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3 Standar waktu jeda yang diizinkan (JSCE, 2007)

Temperatur di lingkungan	Jeda waktu yang diizinkan
$\leq 25^{\circ} C$	2,5 jam
$> 25^{\circ} C$	2 jam

Benda Uji Beton

Beton Normal

Beton normal pada penelitian ini terdiri dari agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), air, semen, dan bahan tambah berupa zat adiktif (*besmittel*) yang pembuatannya tidak menggunakan waktu jeda pengecoran. Beton normal dibuat dengan satu kali pencampuran material dan penuangan sehingga dapat menghasilkan beton yang monolit. Pembuatan beton normal mengacu pada peraturan cara pembuatan beton berdasarkan beton (BSN, 2011).

Tabel 4 perencanaan campuran beton per m³

$F'c$ (MPa)	FAS	Slump (mm)	Bahan (Kg/cm ³)				
			Semen	Air	Agregat kasar	Agregat halus	Besmittel
30	0,423	25-100	439,229	130,200	1039,500	646,192	2,196

Perawatan Beton (Curing)

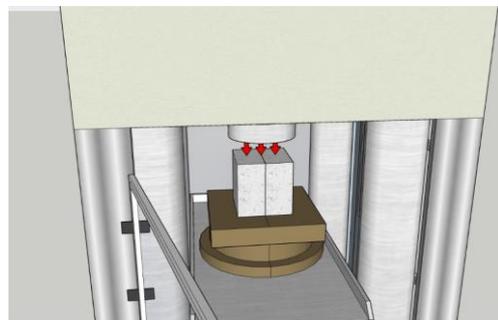
Perawatan beton (*curing*) yang bertujuan untuk menjaga beton agar tidak terlalu cepat kehilangan air atau menjaga kelembaban dan suhu beton sampai waktu total *setting* tercapai. Pada pengujian ini perawatan beton dilakukan dengan cara merendam beton ke dalam kolam yang berisikan air dengan temperatur (23±1,7)°C. Perendaman baru dilaksanakan setelah beton mengeras secara sempurna (*final setting*).

Pengujian Kuat Beton

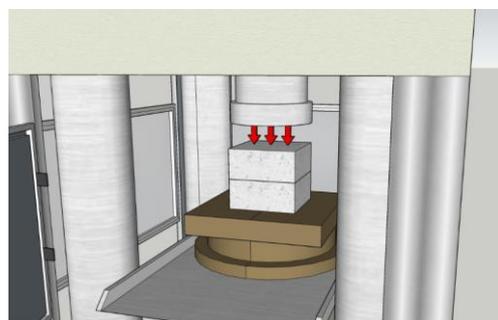
Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk mengetahui apakah sudah memperoleh nilai kuat tekan yang telah diinginkan. Pengujian kuat tekan menggunakan *concrete compression tester machine* merek *Hunga Ta* berkapasitas 2000 kN yang dapat dilihat pada Gambar 1. Benda uji beton yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm pada umur beton 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. Benda uji terdiri dari beton normal dan beton sambungan dingin (*cold joint*). Pengujian kuat tekan pada beton sambungan dingin (*cold joint*) terdapat dua arah yaitu beton *cold joint* arah horizontal (melintang sumbu tekan) dan beton *cold joint* arah vertikal (searah sumbu tekan). Pengujian kuat tekan pada beton cold joint arah horizontal dan arah bertikal dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1 *concrete compression tester machine*



(a)



(b)

Gambar 2 Pengujian kuat tekan (a) beton *cold joint* arah horizontal dan (b) beton *cold joint* arah vertikal

Analisis Data Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban yang menyebabkan benda uji hancur jika dibebani dengan gaya tekan yang dihasilkan oleh mesin tekan yang dinyatakan dalam satuan per luas (BSN, 1990). Faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah kondisi kelembaban udara pada perawatan beton (*curing*), Penggunaan air berpengaruh pada kuat tekan beton dan penggunaan fas yang jika terlalu tinggi dapat mengakibatkan nilai kuat akan semakin rendah, agregat yang terlalu banyak atau kurang, umur beton saat diuji, jenis semen, dan air (setiawan, 2016). Kuat tekan beton dapat dihitung dengan Persamaan 1.

$$f'c = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)(1)}$$

Keterangan:

f'_c = kuat tekan beton (MPa)

P = beban maksimum (kg), dan

A = luas penampang (cm^2)

3. Hasil Kuat Tekan Beton Normal

Hasil kuat tekan beton normal

Berdasarkan pengujian kuat tekan beton normal yang dilakukan pada umur beton 3 hari, 7 hari, dan 28 hari dengan jumlah benda uji 9 buah. Didapatkan hasil pengujian pada Tabel 6.

Tabel 5 hasil pengujian kuat tekan beton normal

No. benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur benda uji (Hari)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
BU 13			29,28	
BU 14		3	30,37	30,24
BU 15			31,06	
BU 3			29,18	
BU 4	0	7	34,79	31,79
BU 5			31,42	
BU 9			35,37	
BU 10		28	36,74	36,13
BU 11			36,29	

Hasil kuat tekan beton normal

Berdasarkan pengujian kuat tekan beton sambungan dingin (*cold joint*) pada umur 3, 7, dan 28 hari dengan jumlah keseluruhan benda uji 36 buah, untuk setiap waktu jeda pengecoran dan arahnya terdiri dari 9 benda uji. Didapatkan hasil pengujian pada Tabel 7, 8, 9, 10 dan 11.

Tabel 6 Hasil pengujian kuat tekan beton *cold joint* arah horizontal dengan waktu jeda pengecoran 120 menit

No. benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur benda uji (Hari)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
CJH 1			24,39	
CJH 2		3	25,69	25,18
CJH 3			25,57	
CJH 4			21,77	
CJH 5	120	7	30,49	28,02
CJH 6			31,81	28,02
CJH 7			34,38	33,92
CJH 8		28	35,02	
CJH 9			32,37	

Tabel 7 Hasil pengujian kuat tekan beton *cold joint* arah vertikal dengan waktu jeda pengecoran 120 menit

No. benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur benda uji (Hari)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
CJV 1			28,44	
CJV 2		3	29,50	26,58
CJV 3			21,79	
CJV 4	120		32,50	
CJV 5		7	29,74	31,01
CJV 6			30,79	
CJV 7			33,44	
CJV 8		28	35,07	34,23
CJV 9			34,20	

Tabel 8 Hasil pengujian kuat tekan beton *cold joint* arah horizontal dengan waktu jeda pengecoran 240 menit

No. benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur benda uji (Hari)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
CJH10			15,26	
CJH11		3	17,69	17,01
CJH12	240		18,07	
CJH13			25,76	
CJH14		7	27,30	27,65
CJH16			24,27	29,12
CJH17	240	28	30,78	
CJH18			32,32	

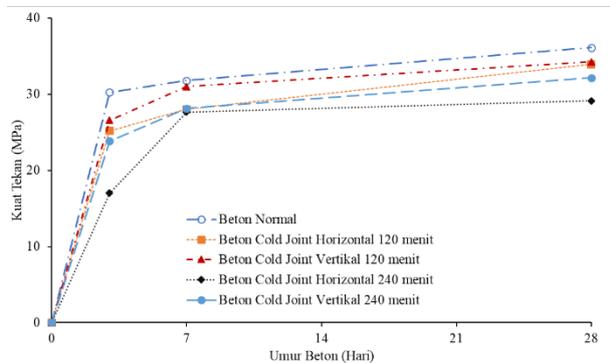
Tabel 9 Hasil pengujian kuat tekan beton *cold joint* arah vertikal dengan waktu jeda pengecoran 240 menit

No. benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur benda uji (Hari)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
CJV10			23,60	
CJV11		3	24,09	23,85
CJV12			23,85	
CJV13			28,02	28,14
CJV14	240	7	28,25	
CJV15			28,13	
CJV16		28	26,72	32,14
CJV17			36,45	
CJV18			33,25	

Pengaruh Umur Beton Terhadap Kuat Tekan

Berdasarkan pengujian kuat tekan beton normal yang dilakukan pada umur beton 3 hari, 7 hari, dan 28 hari memperlihatkan hubungan

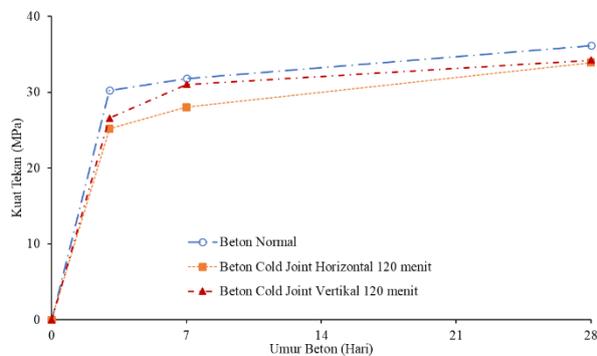
antara kuat tekan dan umur beton yang di mana semakin bertambahnya umur beton maka kuat tekan beton semakin bertambah. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Hubungan kuat tekan beton dan umur beton

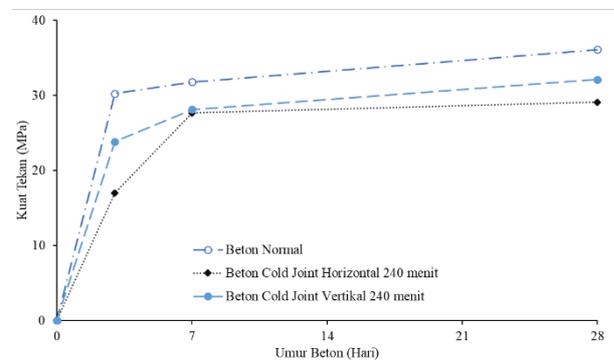
Pengaruh Cold joint Terhadap Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil analisis data hubungan kuat tekan dan umur beton dengan waktu jeda pengecoran 120 menit beton *cold joint* arah horizontal mengalami penurunan 6,12% di mana nilai kuat tekan rata-rata *cold joint* arah horizontal yaitu 33,92 MPa dibandingkan dengan beton normal nilai kuat tekan adalah 36,13 MPa, sedangkan beton *cold joint* arah vertikal mengalami penurunan sebesar 5,26% dari beton normal di mana kuat tekan rata-rata sebesar 34,23 MPa. Hasil pengujian ini menunjukkan *cold joint* arah vertikal lebih kuat 0,86% dibandingkan *cold joint* arah horizontal. Grafik hubungan kuat tekan dan umur beton dengan waktu jeda pengecoran 120 menit dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Hubungan antara kuat tekan dan umur beton pada waktu jeda pengecoran 120 menit

Berdasarkan hasil analisis data hubungan kuat tekan dan umur beton dengan waktu jeda pengecoran 240 menit beton *cold joint* arah horizontal mengalami penurunan 19,40% di mana nilai kuat tekan rata-rata *cold joint* arah horizontal yaitu 29,12 MPa dibandingkan dengan beton normal nilai kuat tekan adalah 36,13 MPa, sedangkan beton *cold joint* arah vertikal mengalami penurunan sebesar 11,04% dari beton normal di mana kuat tekan rata-rata sebesar 32,14 MPa. Hasil pengujian ini menunjukkan *cold joint* arah vertikal lebih kuat 8,36% dibandingkan *cold joint* arah horizontal. Grafik hubungan kuat tekan dan umur beton dengan waktu jeda pengecoran 140 menit dapat dilihat pada Gambar 5.

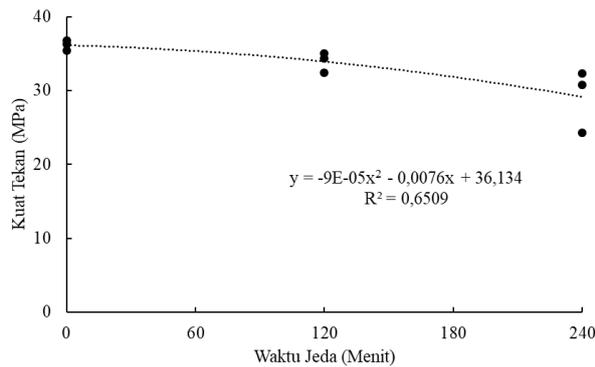


Gambar 5 Hubungan antara kuat tekan dan umur beton pada waktu jeda pengecoran 240 menit

Pengaruh Cold joint Terhadap Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil analisis data hubungan waktu jeda pengecoran dan kuat tekan beton *cold joint* arah horizontal pada umur 28 hari membuktikan semakin lama waktu jeda pengecoran maka kuat tekan semakin turun. Pada Gambar 6 didapatkan persamaan regresi yaitu $y = -9E-05x^2 - 0,0076x + 36,134$ dengan nilai $R^2 = 0,6509$. Hasil persamaan regresi menunjukkan bahwa waktu jeda pengecoran 120 menit dengan beton *cold joint* arah horizontal mengalami penurunan sebesar 6,10% dengan kuat tekan sebesar 33,92 MPa dibandingkan dengan kuat tekan yang maksimum pada waktu jeda pengecoran 0 menit yaitu 36,12 MPa. Pada waktu jeda pengecoran 240 menit dengan kuat tekan

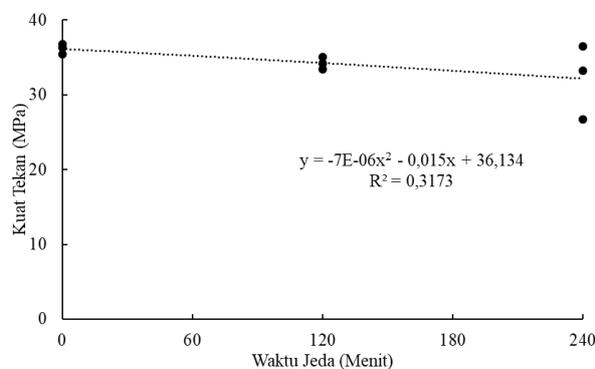
sebesar 29,13 MPa mengalami penurunan sebesar 19,39%.



Gambar 6 Hubungan kuat tekan pada beton *cold joint* arah horizontal dan waktu jeda pengecoran dengan umur 28 hari

Berdasarkan hasil analisis data hubungan waktu jeda pengecoran dan kuat tekan beton *cold joint* arah horizontal pada umur 28 hari membuktikan semakin lama waktu jeda pengecoran maka kuat tekan semakin turun. Pada Gambar 7 didapatkan persamaan regresi yaitu $y = -7E-06x^2 - 0,0156x + 36,134$ dengan nilai $R^2 = 0,3173$. Persamaan regresi menunjukkan bahwa semakin bertambahnya waktu jeda pengecoran maka kuat tekan mengalami penurunan. Hasil persamaan regresi menunjukkan bahwa waktu jeda pengecoran

120 menit dengan beton *cold joint* arah horizontal mengalami penurunan sebesar 5,25% dengan kuat tekan sebesar 34,23 MPa dan waktu jeda pengecoran 240 menit mengalami penurunan 11,07% dengan nilai kuat tekan 32,12 MPa dibandingkan dengan waktu maksimum yang berada di menit 0 dengan kuat tekan 36,12 MPa.

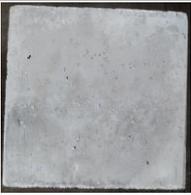


Gambar 7 Hubungan kuat tekan pada beton *cold joint* arah dan waktu jeda pengecoran dengan umur 28 hari

4. Perbedaan fisik Benda Uji

Hasil pengujian kuat tekan mengakibatkan benda uji beton mengalami perubahan bentuk secara fisik. Berdasarkan hasil pengujian tersebut didapatkan perbandingan antara kondisi fisik benda uji sebelum diuji dan sesudah diuji tekan yang dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 10 Perbedaan fisik benda uji sebelum diuji dan sesudah diuji

Benda Uji	Sebelum diuji	Setelah diuji	Keterangan
Beton normal			Benda uji mengalami kerusakan dan keretakan di bagian atas sebelah kiri dan kanan hingga ke bagian tengah
Beton <i>cold joint</i> arah horizontal 120 menit			Benda uji mengalami kerusakan dan keretakan di bagian atas sebelah kiri hingga bagian tengah pada <i>cold joint</i>
Beton <i>cold joint</i> arah vertikal 120 menit			Benda uji mengalami retak di bagian atas kiri dan kanan hingga bagian tengah pada <i>cold joint</i>
Beton <i>cold joint</i> arah horizontal 240 menit			Benda uji mengalami kerusakan dan keretakan di bagian atas kiri dan kanan hingga bagian tengah pada <i>cold joint</i>
Beton <i>cold joint</i> arah vertikal 240 menit			Benda uji mengalami keretakan dan kerusakan pada bagian atas sebelah kiri dan mengalami retak di bagian tengah <i>cold joint</i>

Perbandingan Hasil Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Pengujian dan analisis data didapatkan penelitian sekarang memiliki kesamaan dan perbedaan dengan penelitian terdahulu. Hasil data pengujian dapat dilihat pada Tabel 13. Penelitian sekarang menunjukkan kesamaan penelitian dengan yang terdahulu yaitu semakin lama waktu jeda pengecoran maka kuat tekan beton akan semakin berkurang. Perbedaan antara penelitian terdahulu dan sekarang yaitu hasil kuat tekan beton *cold joint* arah vertikal dan *cold joint* arah horizontal. Penelitian terdahulu beton *cold joint* arah vertikal lebih kecil dibanding beton *cold joint* arah horizontal, sedangkan penelitian sekarang

beton *cold joint* arah vertikal lebih besar dibanding beton *cold joint* arah horizontal. Perbedaan yang terjadi dikarenakan ada beberapa faktor yaitu kondisi cuaca, bahan yang digunakan, dan perlakuan yang berbeda pada saat pengujian dan pembuatan. Hasil penelitian sekarang memiliki kelebihan pada *mix design* yang digunakan, di mana kuat tekan yang dihasilkan lebih besar dibandingkan kuat tekan yang direncanakan.

Tabel 11 Perbandingan hasil penelitian terdahulu dan sekarang pada kuat tekan beton umur 28 hari

Penelitian	Judul	Kuat tekan beton normal (MPa)	Waktu jeda pengecoran	Kuat tekan (MPa)	
				Beton <i>cold joint</i> vertikal	Beton <i>cold joint horizontal</i>
Sekarang	Pengaruh <i>Cold Joint</i> Horizontal <i>Cast</i> terhadap Kuat Tekan pada Struktur Beton	36,13	240 menit	32,14	29,12
			120 menit	34,33	33,92
Terdahulu	Selang Waktu dan Sambungan Berbeda pada Pengaruh Kualitas Beton Biasa (Tapkire dan Parihar, 2014)	26	24 jam	23,69	24,54
			230 menit	24,62	25,01
			60 menit	24,99	33,92

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

1. Penelitian ini menunjukkan bahwa beton *cold joint* dengan waktu jeda pengecoran 120 menit dan 240 menit mengalami penurunan kuat tekan di umur beton 28 hari. Untuk waktu jeda pengecoran 120 menit dengan arah horizontal dan arah vertikal mengalami penurunan sebesar 6,12% dan 5,26%. Sedangkan waktu jeda pengecoran 240 menit dengan arah horizontal dan arah vertikal mengalami penurunan sebesar 19,40% dan 11,04%.
2. Penelitian ini menunjukkan hasil kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan waktu jeda pengecoran 120 menit dan 240 menit bahwa *cold joint* arah vertikal lebih kuat dari pada *cold joint* arah horizontal. Beton *cold joint* dengan waktu jeda pengecoran 120 menit arah vertikal lebih kuat sebesar 0,86% dari pada arah horizontal. Sedangkan waktu jeda pengecoran 2400 menit arah vertikal lebih kuat sebesar 8,36% dari pada arah horizontal.

4. Penelitian ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu jeda pengecoran maka kuat tekan semakin menurun. Berdasarkan analisis regresi dengan umur beton 28 hari, nilai kuat tekan beton *cold joint* terkecil terdapat pada waktu jeda pengecoran 240 menit. Untuk arah vertikal nilai kuat tekan sebesar 32,13 MPa sedangkan arah horizontal nilai kuat tekan sebesar 23,13 MPa dibandingkan dengan nilai kuat tekan maksimum yang terdapat pada waktu jeda pengecoran 0 menit sebesar 36,13 MPa.

6. Daftar Pustaka

- Bahar, S., Nur, A. F., & Suhandana, R. E. 2004. *Pedoman Pekerjaan Beton PT. Wijaya Karya*. Jakarta: Biro Enjiniring PT. Wijaya Karya.
- BSN. 1990. *SNI 03-1974-1990: Metode pengujian kuat tekan beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. 2002. *SNI 03-6861.1-2002: Spesifikasi bahan bangunan bagian a (bahan bangunan bukan logam)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

- BSN. 2008. *SNI 1972-2008: Cara uji slump beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. 2011. *SNI 2493-2011: Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Duan, P., Yan, C., & Luo, W. 2016. A novel waterproof, fast setting and high early strength repair material derived from metakaolin geopolymer. *Construction and Building Materials*, 124, 69-73.
- Eskandarsefat, S. 2018. Investigation on the effects of mix water temperature on High-Early strength cement. *Journal of Building Engineering*, 1-13. doi:https://doi.org/10.1016/j.job.2018.07.023
- Haach, V., Juliani, L. M., & Roz, M. 2015. Ultrasonic evaluation of mechanical properties of concretes produced with high early strength cement. *Construction and Building Materials*, 96, 1-10.
- Illangakoon, G., Asamoto, S., Nanayakkara, A., & Trong, L. 2019. Concrete cold joint formation in hot weather conditions. *Construction and Building Materials*, 209, 406-415.
- JSCE. 2007. *Standard Specifications for Concrete Structures "Materials and Construction."* In *Concrete*. Tokyo: Japan Society of Civil Engineers.
- Min, T. B., Cho, I. S., Park, W. J., Choi, H. K., & Lee, H. S. 2014. Experimental study on the development of compressive strength of early concrete age using calcium-based hardening accelerator and high early strength cement. *Construction and Building Materials*, 64, 208-214.
- Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Jakarta: Penerbit Andi.
- Rathi, V. R., & Kolase, P. K. 2013. Effect of Cold Joint on Strength Of Concrete. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2(9), 4671-4679.
- Setiawan, A. 2016. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang (Berdasarkan SNI 2847:2013)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Torres, A., Ramos-Canon, A., Prada-Sarmiento, F., & Botia-Diaz, M. 2016. Comportamiento mecánico de juntas frías lisas de concreto. *Mechanical behavior of concrete cold joints*, 31(3), 151-162.
- Yang, H. M., Lee, H. S., Yang, K. H., Ismail, M. A., & Kwon, S. J. 2018. Time and cold joint effect on chloride diffusion in concrete containing GGBFS under various loading conditions. *Construction and Building Material*, 167, 739-748.
- Yi, G., Ma, C., Long, G., Zhao, B., & Xie, Y. 2018. Effects of metakaolin on a novel aerated magnesium phosphate cement with high early strength. *Construction and Building Materials*, 187, 1130-1133.
- Yoo, S. W., & Kwon, S. J. 2016. Effects of cold joint and loading conditions on chloride diffusion in concrete containing GGBFS. *Construction and Building Material*, 115, 247-255.