

# Pengaruh *Cold Joint* Horizontal *Cast* terhadap Kuat Tekan pada Struktur Beton

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

**M. Azizun Hakim, Fadillawaty Saleh, Fanny Monika, Hakas Prayuda**

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Beton merupakan salah satu bahan yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi. Pembuatan beton dalam pekerjaan konstruksi banyak mengalami permasalahan baik dari segi teknis maupun non teknis. Permasalahan yang sering terjadi salah satunya adalah tertundanya proses pengecoran. Penundaan pengecoran dapat dipengaruhi oleh besarnya volume beton, terlambatnya truk *mixer* ke lokasi, dan permasalahan lainnya. Penundaan pengecoran yang cukup lama dapat mengakibatkan timbulnya sambungan dingin pada permukaan beton baru dan beton lama mengingat *setting time* beton yang singkat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh sambungan dingin horizontal *cast* yang terjadi pada beton terkait dengan kuat tekan yang dihasilkan. Hasil penelitian mengindikasikan beton yang mengalami sambungan dingin pada umur beton 28 hari dengan waktu jeda pengecoran 120 menit menunjukkan penurunan kuat tekan sebesar 2,80% untuk sambungan dingin arah vertikal dan 4,59% untuk sambungan dingin arah horizontal, sedangkan pada waktu jeda pengecoran 240 menit menunjukkan penurunan sebesar 7,05% untuk sambungan dingin arah vertikal dan 21,70% untuk sambungan dingin arah horizontal. Hasil kuat tekan pada umur beton 28 hari dengan waktu jeda pengecoran 120 menit menunjukkan bahwa sambungan dingin arah vertikal lebih kuat 1,47% dibandingkan dengan sambungan dingin arah horizontal, sedangkan pada waktu jeda pengecoran 240 menit sambungan dingin arah vertikal lebih kuat 14,65% dibandingkan dengan sambungan dingin arah horizontal. Berdasarkan hasil penelitian mengungkapkan bahwa semakin lama waktu jeda pengecoran maka kuat tekan beton semakin berkurang.

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

**Abstract.** Concrete is one of the most widely used materials in construction work. Making concrete in construction work has many problems both from technical and non-technical aspects. The problem that often occurs is the delay in the casting process. Casting delays can be influenced by the volume of concrete, the delay of the mixer truck to the location, and other problems. Delay in casting for a long time can result in the cold joint on new concrete surfaces and old concrete given the short concrete setting time. This study aims to analyze the effect of the cold joint horizontal *cast* that occurs on the compressive strength of concrete. The results indicated that the concrete with cold joint at 28 days with a 120 minute casting interval showed a decrease in compressive strength of 2.80% for vertical cold joint and 4.59% for horizontal cold joint, while at casting break time 240 minutes showed a decrease of 7.05% for vertical cold joint and 21.70% for horizontal cold joint. The results of compressive strength at 28 days of concrete with a 120 minutes casting delay showed that the vertical cold joint was 1.47% stronger compared to the horizontal cold joint, while the 240 minutes vertical cold joint delay was stronger 14.65% compared to the horizontal cold joint. Based on the results of the study revealed that the longer the casting break time the compressive strength of the concrete decreases.

Key words : concrete, cold joint, and compressive strength.

## 1. Pendahuluan

Beton merupakan bahan konstruksi yang telah banyak dimanfaatkan untuk pembangunan jalan, jembatan, gedung, dan bangunan lainnya. Beton memiliki keuntungan dari segi biaya-manfaat, pasokan bahan stabil, dan daya tahan yang tinggi. Beton pada

dasarnya terdiri dari perbandingan campuran bahan pembentuk antara semen, air, agregat halus dan agregat kasar dengan perbandingan tertentu. Beberapa kasus pekerjaan konstruksi yang menggunakan campuran beton sebagai bahan dasarnya, terdapat kemungkinan

terjadinya permasalahan yang menyebabkan tertundanya proses pengecoran. Tertundanya proses pengecoran di antaranya dapat dipengaruhi oleh besarnya volume beton, terlambatnya truk *mixer* ke lokasi, dan juga permasalahan lainnya baik dari segi teknis maupun non teknis. Terlambatnya proses pengecoran dapat berakibat timbulnya sambungan dingin (*cold joint*) pada permukaan beton baru dengan beton lama mengingat *setting time* beton yang singkat. Menurut Bahar dkk. (2004) *cold joint* adalah titik sambung atau keadaan terputus yang dihasilkan oleh penundaan waktu penuangan (misalnya: beton segar) yang cukup untuk menghalangi penggabungan dua material yang dituang secara berturut-turut. Beton yang mengalami kondisi *cold joint* mengakibatkan ikatan antara campuran beton berkurang sehingga dapat menurunkan mutu beton.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sambungan dingin yang terjadi pada beton mengakibatkan banyak permasalahan baik secara struktural maupun fungsional. Yoo dan Kwon (2016) melakukan penelitian tentang efek sambungan dingin dan kondisi pembebanan pada difusi klorida dalam beton yang mengandung *GGBFS* (*Ground Granulated Blast Furnace Slag*). Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa sambungan dingin pada beton mengakibatkan kenaikan difusi klorida dengan atau tanpa penambahan *GGBFS*. Hasil penelitian yang dilakukan Yoo dan Kwon (2016) diperkuat pada penelitian Yang dkk. (2018) tentang efek waktu dan sambungan dingin pada difusi klorida dalam beton yang mengandung *GGBFS* (*Ground Granulated Blast Furnace Slag*) dengan berbagai kondisi pembebanan. Pengujian yang dilakukan Yang dkk. (2018) mengungkapkan bahwa koefisien difusi klorida meningkat jika terdapat sambungan dingin pada beton, terlepas dari jenis pembebanan dan penambahan campuran mineral. Hasil penelitian juga mengungkapkan area sambungan yang tidak sempurna rentan terhadap beban tarik dan tekan, dengan koefisien difusi klorida meningkat secara linear dengan meningkatnya pembebanan. Choi dkk. (2015) mengungkapkan bahwa sambungan dingin pada beton karena pengecoran yang tertunda dapat menyebabkan berkurangnya

tahanan geser dan meningkatnya perembesan air. Penelitian yang dilakukan Lee dkk. (2016) menunjukkan bahwa penundaan waktu pengecoran hingga 60 menit dapat menurunkan kekuatan ikatan geser pada beton sekitar 5%.

Illangakoon dkk. (2019) melakukan penelitian tentang pembentukan sambungan dingin beton dalam kondisi cuaca panas. Pengujian tersebut menunjukkan bahwa sambungan dingin dapat terbentuk ketika keterlambatan pengecoran antara dua lapisan berturut-turut kurang dari waktu ikat awal (*initial setting*) beton. Tapkire dan Parihar (2014) mengindikasikan bahwa semakin besar waktu penundaan pengecoran mengakibatkan kuat tekan pada beton semakin menurun. Rathi dan Kolase (2013) mengungkapkan bahwa penurunan kuat tekan pada beton dengan sambungan dingin dapat disebabkan oleh ikatan yang tidak baik antara dua lapisan beton karena rasio air semen bervariasi di kedua lapisan. Torres dkk. (2016) mengidentifikasi bahwa kehilangan resistensi atau ketahanan beton tergantung pada orientasi sambungan dingin sehubungan dengan arah tekan utama. Penelitian yang dilakukan Nemati dkk. (2018) menunjukkan bahwa sambungan dingin pada beton mengakibatkan keruntuhan lebih cepat dibandingkan tanpa sambungan dingin, di mana beton tanpa sambungan dingin menunjukkan kapasitas defleksi lebih besar dibandingkan beton dengan sambungan dingin. Pengujian kekakuan yang dilakukan Roy dan Laskar (2017) menunjukkan penurunan pada spesimen dengan sambungan dingin dibandingkan spesimen tanpa sambungan dingin. Roy dan Laskar (2017) mengungkapkan bahwa penurunan kekakuan disebabkan karena kurangnya tahanan lateral dan kontribusi ikatan yang buruk oleh beton di daerah sambungan dingin.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh sambungan dingin (*cold joint*) terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan. Analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan antara beton dengan kondisi normal terhadap beton dengan kondisi sambungan dingin (*cold joint*). Penelitian ini juga menganalisis pengaruh lama waktu jeda pengecoran dan arah sambungan dingin (*cold joint*) terhadap kuat tekan beton.

## 2. Metode Penelitian

### Semen

Semen yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan beton, tergolong ke dalam jenis semen hidraulis. Jenis semen hidraulis yang banyak digunakan hingga saat ini adalah semen *portland*. Menurut ASTM (2015) semen *portland* didefinisikan sebagai semen hidraulis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang tergiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen jenis *PCC* (*portland composite cement*) dengan merek dagang *Holcim PowerMax*.

### Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan berlubang ukuran 4,75 mm (Mulyono, 2003). Agregat kasar pada penelitian ini adalah batu pecah (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 curah kering	2,51	-
Berat jenis jenuh kering permukaan	2,58	-
Berat jenis semu	2,70	-
Penyerapan air	2,82	%
Keausan ( <i>los angeles</i> )	32,87	%
Berat isi	1,54	ton/m <sup>3</sup>
Kadar air	3,71	%
Kadar lumpur	4,92	%

### Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu yang semua butirnya menembus ayakan berlubang dengan ukuran 4,75 mm (Mulyono, 2003). Agregat halus pada penelitian ini adalah pasir Progo yang berasal dari sungai Progo, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sifat fisik dan mekanik agregat halus tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2 Sifat fisik dan mekanis agregat halus

Nama pengujian	Hasil pengujian	Satuan
Berat jenis curah kering	2,43	-
Berat jenis jenuh kering permukaan	2,54	-
Berat jenis semu	2,75	-
Penyerapan air	4,83	%
Kadar lumpur	2	%
Analisis saringan (modulus halus butir)	2,75	-
Kadar air	6,17	%

### Air

Air merupakan salah satu bahan dasar yang diperlukan untuk memicu proses kimiawi pada semen dan memberikan kemudahan dalam proses pembuatan beton. Proses pencampuran air dan semen akan menimbulkan suatu reaksi kimia yang disebut dengan reaksi hidrasi. Menurut (Mulyono, 2003) syarat umum air yang dapat digunakan untuk campuran beton yaitu harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton.

### Perencanaan Campuran (Mix Design)

Penelitian ini menggunakan perencanaan campuran (*mix design*) dengan metode *ACI 211.1-91* dengan kuat tekan rencana ( $f'c$ ) sebesar 30 MPa. Perencanaan campuran beton dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Perencanaan campuran beton per m<sup>3</sup>

$f'c$ (MPa)	FAS	Slump (mm)	Bahan (Kg/m <sup>3</sup> )			
			Semen	Air	Agregat kasar	Agregat halus
30	0,423	25-100	439,229	181,852	1039,500	646,192

### **Slump Test**

*Slump test* merupakan suatu teknik untuk memantau *homogeneity* dan *workability* (kemudahan pengerjaan) adukan beton segar dengan suatu kekentalan tertentu yang dinyatakan dengan nilai *slump* (BSN, 2008). Nilai *slump* merupakan penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton. Pengujian *Slump* pada penelitian ini menggunakan alat bantu yaitu kerucut *abrams* dengan ukuran diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm.

### **Waktu Jeda Pengecoran**

Waktu jeda pengecoran merupakan simulasi penundaan penempatan campuran beton segar sebagai penyebab terbentuknya sambungan dingin (*cold joint*) pada beton, sehingga perilaku sambungan dingin dapat dipelajari dan dianalisis. Waktu jeda pengecoran yang digunakan pada penelitian ini yaitu 120 menit dan 240 menit. Penentuan waktu jeda pengecoran didasari oleh standar yang dibuat JSCE (2007) yang mana dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Standar waktu jeda yang diizinkan antara dua penempatan pengecoran atau lebih (JSCE, 2007)

Temperatur di lingkungan	Waktu jeda yang diizinkan
Lebih dari 25° C	2 jam
25° C atau kurang	2,5 jam

### **Beton Normal**

Beton normal dalam penelitian ini merupakan material yang terdiri dari agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), semen, dan air yang mana pada pembuatannya tanpa menggunakan waktu jeda pengecoran. Beton normal pada penelitian ini dibuat dengan menggunakan satu kali pencampuran material dan satu kali penuangan, sehingga menghasilkan suatu material yang bersifat monolit. Pembuatan beton normal pada penelitian ini mengacu pada tata cara pembuatan beton berdasarkan (BSN, 2011).

### **Beton Cold Joint**

Beton *cold joint* dalam penelitian ini merupakan material yang terdiri dari agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), semen, dan air yang mana pada pembuatannya menggunakan waktu jeda pengecoran. Beton *cold joint* pada penelitian ini dicetak secara horizontal menggunakan dua kali pencampuran material dan dua kali penuangan dengan waktu yang berbeda.

### **Perawatan Beton (Curing)**

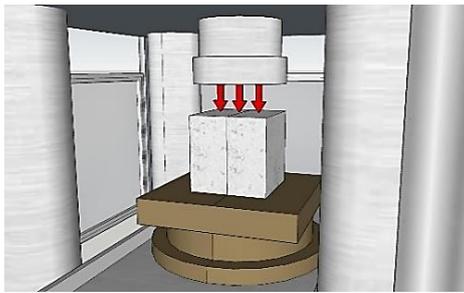
Perawatan beton (*curing*) adalah suatu proses untuk menjaga temperatur pada beton agar menghindari penguapan air berlebih sehingga proses hidrasi tidak terganggu (BSN, 2011). Perawatan benda uji beton pada pengujian ini dilakukan dengan cara merendam beton dengan air. Perendaman dilakukan setelah benda uji mengeras secara sempurna (*final setting*). Perendaman dilakukan pada kolam yang berisi air dengan temperatur  $(23 \pm 1,7)^\circ\text{C}$ .

### **Pengujian Kuat Tekan**

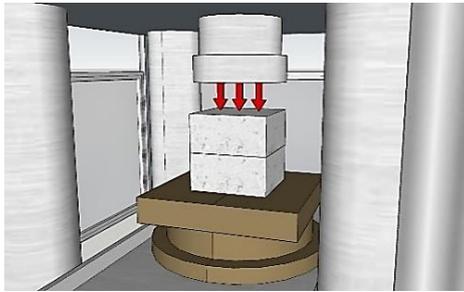
Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan *concrete compression tester machine* merek *Hunga Ta* kapasitas 2000 kN yang dapat dilihat pada Gambar 1. Benda uji beton yang digunakan pada pengujian ini berbentuk kubus ukuran 15 cm × 15 cm × 15 cm dengan umur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. Benda uji beton terdiri dari beton normal dan beton sambungan dingin (*cold joint*). Pengujian kuat tekan pada beton *cold joint* dibedakan menjadi dua yaitu *cold joint* arah vertikal (searah sumbu tekan) dan *cold joint* arah horizontal (melintang sumbu tekan). Pengujian kuat tekan pada beton *cold joint* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1 *Concrete compression tester machine*



(a)



(b)

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

**Analisis Data Kuat Tekan**

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (BSN, 1990). Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton, diantaranya adalah rasio air-semen (FAS), jenis semen, bahan tambahan yang digunakan, agregat, air, kondisi kelembapan udara saat perawatan benda uji (*curing*), dan umur beton saat diuji (Setiawan, 2016). Menurut BSN (1990) kuat tekan beton dapat dihitung dengan Persamaan 1.

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

Keterangan:

- $f'c$  = kuat tekan beton (kg/cm<sup>2</sup>),
- P = beban maksimum (kg), dan
- A = luas penampang (cm<sup>2</sup>).

**3. Hasil dan Pembahasan**

**Hasil Kuat Tekan Beton Normal**

Berdasarkan pengujian kuat tekan beton normal yang dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan total benda uji 9 buah, didapatkan data hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil pengujian kuat tekan beton normal

No. Benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur (Hari)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
N1			41,65	
N2		28	41,51	42,78
N3			45,19	
N4			39,61	
N5	0	14	36,17	38,93
N6			41,02	
N7			28,77	
N9		7	29,02	28,54
N10			27,84	

**Hasil Kuat Tekan Beton Cold Joint**

Berdasarkan pengujian kuat tekan beton *cold joint* yang dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan total keseluruhan benda uji sebanyak 36 buah untuk setiap kasus terdiri dari 9 benda uji, didapatkan hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 6, 7, 8, dan 9.

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

No. Benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur (Hari)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
CV1.1			41,61	
CV1.2		28	41,43	41,59
CV1.3			41,72	
CV1.4			38,26	
CV1.5	120	14	39,47	39,25
CV1.6			40,03	
CV1.7			29,29	
CV1.8		7	28,07	28,70
CV1.9			28,73	

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

No. Benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur (Hari)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
CH1.1			39,64	
CH1.2		28	40,89	40,82
CH1.3			41,93	
CH1.4			28,36	
CH1.5	120	14	34,83	33,16
CH1.6			36,28	
CH1.7			21,80	
CH1.8		7	22,47	22,05
CH1.9			21,87	

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

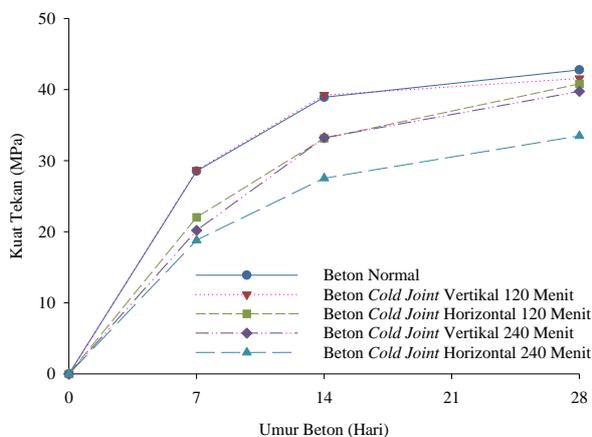
No. Benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur (Hari)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
CV2.1			40,00	
CV2.2		28	41,27	39,77
CV2.3			38,03	
CV2.4			33,54	
CV2.5	240	14	34,79	33,25
CV2.6			31,41	
CV2.9			20,96	
CV2.10		7	19,58	20,19
CV2.11			20,04	

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

No. Benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur (Hari)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
CH2.1			30,24	
CH2.2		28	33,57	33,50
CH2.3			36,69	
CH2.4			25,24	
CH2.5	240	14	28,76	27,55
CH2.6			28,66	
CH2.9			18,30	
CH2.10		7	19,04	18,81
CH2.11			19,11	

### Pengaruh Umur Beton terhadap Kuat Tekan

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton yang dilakukan pada umur beton 7, 14 dan 28 hari, diperoleh hubungan antara kuat tekan dan umur beton yaitu semakin bertambahnya umur beton maka kuat tekan beton semakin meningkat hasil analisis data tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

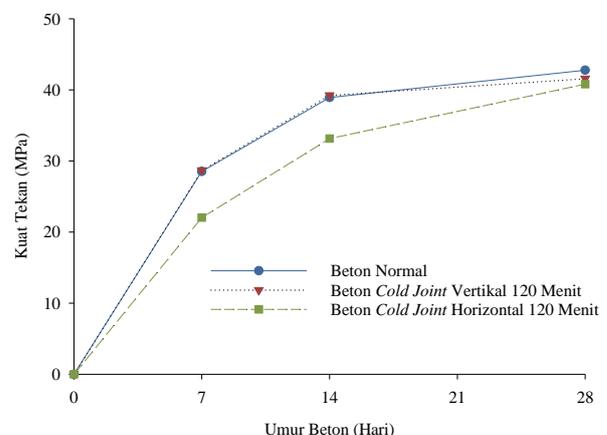


Gambar 3 Hubungan kuat tekan dan umur beton

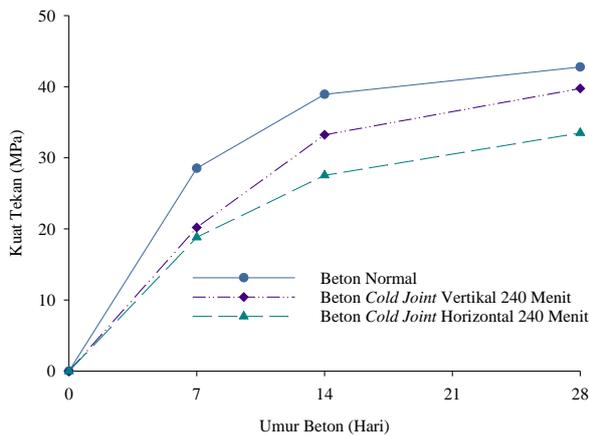
### Pengaruh Cold Joint terhadap Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hubungan kuat tekan dan umur beton pada waktu jeda pengecoran 120 menit yang dapat dilihat pada Gambar 4, hasil analisis data menunjukkan penurunan pada beton *cold joint* umur 28 hari dibandingkan dengan beton normal dengan umur yang sama yaitu sebesar 2,80% untuk beton *cold joint* arah vertikal di mana kuat tekan rata-ratanya sebesar 41,59 MPa, sedangkan pada beton *cold joint*

arah horizontal mengalami penurunan 4,59% di mana kuat tekan rata-ratanya sebesar 40,82 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa beton *cold joint* arah vertikal lebih kuat 1,79% dibandingkan dengan beton *cold joint* arah horizontal pada waktu jeda pengecoran 120 menit. Hasil tersebut memiliki kesamaan pada waktu jeda pengecoran 240 menit yang ditampilkan pada Gambar 5, hasil analisis data menunjukkan penurunan yang sama pada beton *cold joint* umur 28 hari yaitu sebesar 7,05% untuk beton *cold joint* arah vertikal di mana kuat tekan rata-ratanya sebesar 39,77 MPa, sedangkan pada beton *cold joint* arah horizontal mengalami penurunan 21,70% di mana kuat tekan rata-ratanya sebesar 33,50 MPa. Hasil tersebut menunjukkan pada waktu jeda pengecoran 240 menit beton *cold joint* arah vertikal lebih kuat 14,65% dibandingkan dengan beton *cold joint* arah horizontal



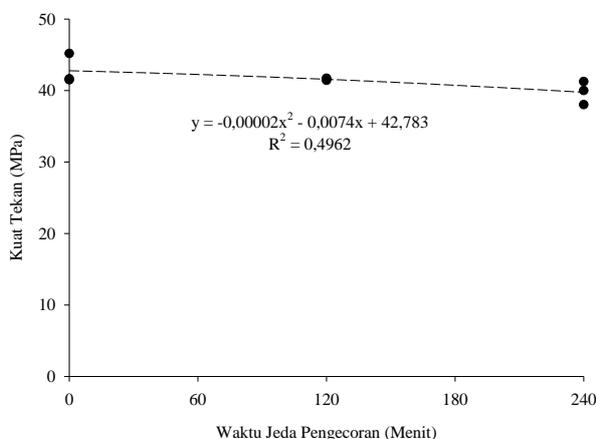
Gambar 4 Hubungan kuat tekan dan umur beton pada waktu jeda pengecoran 120 menit



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

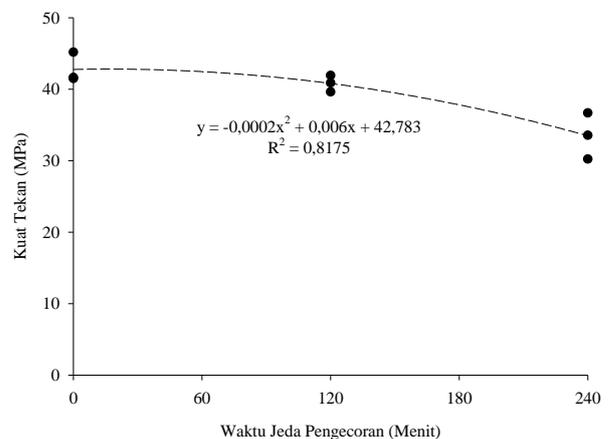
### Pengaruh Waktu Jeda Pengecoran terhadap Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hubungan kuat tekan dan waktu jeda pengecoran pada beton *cold joint* arah vertikal umur 28 hari diperoleh analisis regresi dengan persamaan  $y = -0,00002x^2 - 0,0074x + 42,783$  dan nilai  $R^2 = 0,4962$  yang dapat dilihat pada Gambar 6, hasil dari persamaan tersebut menunjukkan bahwa setiap meningkatnya waktu jeda pengecoran mengakibatkan kuat tekan beton *cold joint* arah vertikal mengalami kenaikan penurunan. Berdasarkan persamaan regresi tersebut diperoleh kuat tekan pada waktu jeda pengecoran 240 menit sebesar 39,86 MPa di mana lebih kecil dibandingkan dengan kuat tekan maksimum yaitu pada waktu jeda pengecoran 0 menit sebesar 42,78 MPa hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin lama waktu jeda pengecoran maka kuat tekan beton semakin berkurang.



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

Berdasarkan hubungan kuat tekan dan waktu jeda pengecoran pada beton *cold joint* arah horizontal umur 28 hari diperoleh analisis regresi dengan persamaan  $y = -0,0002x^2 - 0,006x + 42,783$  dan nilai  $R^2 = 0,8175$  yang dapat dilihat pada Gambar 7, hasil dari persamaan tersebut menunjukkan bahwa setiap meningkatnya waktu jeda pengecoran mengakibatkan kuat tekan beton *cold joint* arah horizontal mengalami kenaikan penurunan. Berdasarkan persamaan regresi tersebut diperoleh kuat tekan pada waktu jeda pengecoran 240 menit sebesar 32,70 MPa di mana lebih kecil dibandingkan dengan kuat tekan maksimum yaitu pada waktu jeda pengecoran 0 menit sebesar 42,78 MPa hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin lama waktu jeda pengecoran maka kuat tekan beton semakin berkurang.



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

### Perbandingan Kondisi Fisik Benda Uji

Hasil dari pengujian kuat tekan yang dilakukan mengakibatkan benda uji beton mengalami perubahan bentuk secara fisik. Berdasarkan pengujian tersebut didapatkan perbandingan kondisi fisik benda uji sebelum dan setelah diuji tekan yang dapat dilihat pada Tabel 10. Hasil perbandingan menunjukkan kerusakan terbanyak terjadi pada beton *cold joint* arah horizontal pada jeda waktu 120 menit dan 240 menit di mana keretakan yang cukup parah terjadi di bagian tengah yaitu pada daerah yang terdapat sambungan dingin. Hasil ini dapat menjadi bukti bahwa pada bagian sambungan dingin ikatan antara beton yang ditempatkan berturut-turut menjadi berkurang.

Tabel 10 Perbandingan kondisi fisik benda uji sebelum dan setelah diuji tekan

Benda uji	Sebelum diuji	Setelah diuji	Keterangan
Beton normal			Benda uji mengalami kerusakan dan keretakan di bagian atas
Beton <i>cold joint</i> vertikal 120 menit			Benda uji mengalami kerusakan di bagian atas dan retak di bagian tengah pada sambungan dingin
Beton <i>cold joint</i> vertikal 240 menit			Benda uji mengalami kerusakan di bagian bawah dan atas dengan keretakan di bagian kiri dan kanan serta bagian tengah pada sambungan dingin
Beton <i>cold joint</i> horizontal 120 menit			Benda uji mengalami kerusakan di bagian bawah dan atas dengan keretakan di bagian tengah pada sambungan dingin
Beton <i>cold joint</i> horizontal 240 menit			Benda uji mengalami kerusakan parah di bagian atas, kiri, dan bawah dengan keretakan di bagian tengah pada sambungan dingin

**Perbandingan Hasil Penelitian Terdahulu dan Sekarang**

Berdasarkan pengujian dan analisis data didapatkan bahwa pada penelitian sekarang memiliki kesamaan dan perbedaan terhadap penelitian terdahulu di mana hasil perbandingan data pengujian dapat dilihat pada Tabel 11. Hasil pengujian yang telah dilakukan

pada penelitian sekarang menunjukkan kesamaan pada penelitian terdahulu yaitu pada pengaruh waktu jeda pengecoran yang mana semakin lama waktu jeda pengecoran maka kuat tekan beton semakin berkurang. Hasil pengujian sekarang juga memiliki perbedaan pada penelitian terdahulu, di mana pada penelitian terdahulu hasil kuat tekan beton *cold*

*joint* arah vertikal lebih kecil dibandingkan dengan beton *cold joint* arah horizontal, hasil tersebut berbanding terbalik dengan penelitian sekarang di mana pada penelitian sekarang hasil kuat tekan beton *cold joint* arah vertikal lebih besar dibandingkan dengan beton *cold joint* arah horizontal. Perbedaan hasil tersebut dapat didasari oleh beberapa faktor salah satunya yaitu kecenderungan pembentukan sambungan dingin (*cold joint*) yang berbeda pada benda uji yang digunakan. Kecenderungan yang berbeda pada pembentukan sambungan dingin (*cold*

*joint*) dapat diakibatkan oleh beberapa sebab yaitu kondisi cuaca, bahan yang digunakan, dan perlakuan yang berbeda pada saat pengujian atau pembuatan. Hasil dari penelitian menunjukkan beberapa hal yang membuat penelitian sekarang memiliki kemajuan dibandingkan dengan penelitian terdahulu salah satunya di antaranya adalah perencanaan campuran (*mix design*) beton yang digunakan, di mana kuat tekan yang dihasilkan pada penelitian sekarang lebih besar dibandingkan dengan 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</i> horizontal
Sekarang	Pengaruh <i>Cold Joint</i> Horizontal <i>Cast</i> terhadap Kuat Tekan pada Struktur Beton	42,78	120 menit	41,59	40,82
			240 menit	39,77	33,50
Terdahulu	Selang Waktu dan Sambungan Berbeda pada Pengaruh Kualitas Beton Biasa (Tapkire dan Parihar, 2014)	26	60 menit	24,99	25,56
			230 menit	24,62	25,01
			24 jam	23,69	24,54

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh *cold joint* horizontal *cast* terhadap kuat tekan pada struktur beton, dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

1. Hasil penelitian diperoleh bahwa beton yang mengalami *cold joint* pada umur beton 28 hari dengan waktu jeda pengecoran 120 menit menunjukkan penurunan kuat tekan sebesar 2,80% untuk *cold joint* arah vertikal dan 4,59% untuk *cold joint* arah horizontal, sedangkan pada waktu jeda pengecoran 240 menit menunjukkan penurunan kuat tekan sebesar 7,05% untuk *cold joint* arah vertikal dan 21,70% untuk *cold joint* arah horizontal.
2. Hasil kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan waktu jeda pengecoran 120 menit menunjukkan bahwa *cold joint* arah vertikal lebih kuat 1,79% dibandingkan dengan *cold joint* arah horizontal, sedangkan pada waktu jeda pengecoran 240 menit *cold joint* arah

vertikal lebih kuat 14,65% dibandingkan dengan *cold joint* arah horizontal.

3. Hasil penelitian diperoleh bahwa semakin lama waktu jeda pengecoran maka kuat tekan beton semakin berkurang. Analisis data yang dilakukan terhadap umur beton 28 hari menunjukkan kuat tekan terkecil terjadi pada waktu jeda pengecoran 240 menit yaitu sebesar 39,86 MPa untuk *cold joint* arah vertikal dan 32,70 MPa untuk *cold joint* arah horizontal masing-masing mengalami penurunan dibandingkan dengan kuat tekan tertinggi yaitu pada waktu jeda pengecoran 0 menit sebesar 42,78 MPa.

#### 5. Daftar Pustaka

- ASTM. (2015). *CI50CI50M-15: Standard Specification for Portland Cement*. West Conshohocken: ASTM International.
- Bahar, S., Nur, A. F., Suhandana, R., dan Kurniawati, 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. (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.
- Choi, S.-J., Kang, S.-P., Kim, S.-C., dan Kwon, S.-J. (2015). Analysis Technique on Water Permeability in Concrete with Cold Joint considering Micro Pore Structure and Mineral Admixture. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2015, 1–10.
- Illangakoon, G. B., Asamoto, S., Nanayakkara, A., dan Nguyen 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.
- Lee, H. S., Jang, H. O., dan Cho, K. H. (2016). Evaluation of bonding shear performance of ultra-high-performance concrete with increase in delay in formation of cold joints. *Materials*, 9(5), 362–376.
- Mulyono, T. (2003). *Teknologi Beton*. Jakarta: Penerbit Andi.
- Nemati, S., Sharafi, P., dan Samali, B. (2018). Effects of cold joints on the structural behaviour of polyurethane rigid foam panels. *Engineering Solid Mechanics*, 7, 1–12.
- Rathi, V. R., dan 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.
- Roy, B., dan Laskar, A. I. (2017). Cyclic behavior of in-situ exterior beam-column subassemblies with cold joint in column. *Engineering Structures*, 132, 822–833.
- Setiawan, A. (2016). *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Tapkire, G. V, dan Parihar, S. (2014). Time Laps and different joint affects Quality of Regular Concrete. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology (IJLTET)*, 3(3), 34–37.
- Torres, A., Ramos-Cañón, A., Prada-Sarmiento, F., dan Botía-Díaz, M. (2016). Mechanical behavior of concrete cold joints [Comportamiento mecánico de juntas frías lisas de concreto]. *Revista Ingenieria de Construcción*, 31(3), 151–162.
- Yang, H. M., Lee, H. S., Yang, K. H., Ismail, M. A., dan Kwon, S. J. (2018). Time and cold joint effect on chloride diffusion in concrete containing GGBFS under various loading conditions. *Construction and Building Materials*, 167, 739–748.
- Yoo, S. W., dan Kwon, S. J. (2016). Effects of cold joint and loading conditions on chloride diffusion in concrete containing GGBFS. *Construction and Building Materials*, 115, 247–255.