

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Agregat Halus

4.1.1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian berat jenis agregat penting dilakukan untuk menghitung volume yang ditempati oleh agregat dalam perencanaan campuran beton. Semakin kecil berat jenis agregat maka volume agregat semakin besar sebaliknya semakin besar berat jenis agregat maka volume agregat semakin kecil. Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus, didapatkan berat jenis curah kering (*bulk specific gravity*) sebesar 2,43, berat jenis jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*) sebesar 2,54, berat jenis semu (*apparent spesific gravity*) sebesar 2,75, dan penyerapan air sebesar 4,83%. Data hasil pengujian dan analisis perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 1.

4.1.2. Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur agregat halus bertujuan untuk menentukan persentase kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus. Kadar lumpur yang tinggi pada agregat halus dapat mengganggu proses hidrasi yang terjadi pada campuran beton sehingga mengakibatkan kekuatan beton berkurang. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan kadar lumpur pada agregat halus sebesar 2% di mana lebih rendah dibandingkan dengan kadar lumpur yang disyaratkan yaitu sebesar 5%. Data hasil pengujian dan analisis hitungan kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 2.

4.1.3. Pengujian Analisis Saringan

Pengujian analisis saringan dilakukan untuk menentukan distribusi ukuran butiran dari agregat. Data distribusi butiran diperlukan dalam perencanaan campuran beton salah satunya untuk menentukan nilai modulus halus butir. Modulus halus butir (MHB) adalah suatu indeks yang digunakan untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butiran agregat, semakin besar nilai modulus halus butir

maka semakin besar butiran agregatnya. Berdasarkan hasil pengujian analisis saringan, didapatkan nilai modulus halus butir pada pengujian pertama sebesar 2,74, pada pengujian kedua sebesar 2,82, dan pada pengujian ketiga sebesar 2,69 dengan modulus halus butir rata-rata sebesar 2,75. Data hasil pengujian dan analisis hitungan dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.1.4. Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat pada agregat. Nilai kadar air digunakan sebagai koreksi jumlah takaran air yang diperlukan pada perencanaan campuran beton. Kadar air pada agregat sangat dipengaruhi oleh jumlah air yang terkandung dalam agregat. Berdasarkan hasil pengujian kadar air agregat halus, didapatkan nilai kadar air rata-rata sebesar 6,17%. Data hasil pengujian dan analisis hitungan dapat dilihat pada Lampiran 4.

Berdasarkan beberapa pengujian agregat halus yang telah dilakukan didapatkan data hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian agregat halus (pasir) Progo

Nama pengujian	Hasil pengujian	Satuan	Standar
Berat jenis curah kering	2,43	-	SNI 1970:2008
Berat jenis jenuh kering permukaan	2,54	-	SNI 1970:2008
Berat jenis semu	2,75	-	SNI 1970:2008
Penyerapan air	4,83	%	SNI 1970:2008
Kadar lumpur	2	%	ASTM C117 – 13
Analisis saringan (modulus halus butir)	2,75	-	ASTM C136C136M – 14
Kadar air	6,17	%	SNI 1970:2011

4.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

4.1.1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Berdasarkan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, didapatkan berat jenis curah kering (*bulk specific gravity*) sebesar 2,51, berat jenis jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*) sebesar 2,58, berat jenis semu (*apparent spesific gravity*) sebesar 2,70, dan penyerapan air sebesar 2,82%. Data hasil pengujian dan analisis perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 5.

4.1.2. Pengujian Keausan (*Los Angeles*)

Keausan adalah perbandingan antara berat bahan yang hilang atau tergerus terhadap berat bahan awal. Pengujian keausan bertujuan mengetahui kemampuan atau ketahanan agregat untuk menahan gesekan. Semakin rendah nilai keausan maka semakin kuat daya tahan agregat, sebaliknya semakin besar nilai keausan maka semakin lemah daya tahan agregat. Berdasarkan hasil pengujian keausan (*los angeles*) agregat kasar, didapatkan nilai keausan rata-rata sebesar 32,87%. Data hasil pengujian dan analisis hitungan dapat dilihat pada Lampiran 6.

4.1.3. Pengujian Berat Isi

Berat isi atau disebut juga sebagai berat satuan adalah rasio antara berat agregat dan isi/volume. Berat isi agregat digunakan dalam perencanaan campuran beton untuk menentukan berat agregat dengan ukuran volume yang digunakan. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh berat isi rata-rata agregat kasar sebesar 1,54 g/cm³ atau sama dengan 1,54 ton/m³. Data hasil pengujian dan analisis hitungan dapat dilihat pada Lampiran 7.

4.1.4. Pengujian Kadar Air

Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Nilai kadar air agregat kasar digunakan sebagai koreksi jumlah takaran air yang diperlukan pada perencanaan campuran beton. Berdasarkan hasil pengujian kadar air agregat kasar, didapatkan nilai kadar air rata-rata sebesar 3,71%. Data hasil pengujian dan analisis hitungan dapat dilihat pada Lampiran 8.

4.1.5. Pengujian Kadar Lumpur

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan kadar lumpur pada agregat kasar sebesar 4,92% di mana lebih besar dibandingkan dengan kadar lumpur yang disyaratkan yaitu sebesar 1% maka agregat kasar harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan. Data hasil pengujian dan analisis hitungan kadar lumpur agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 9.

Berdasarkan beberapa pengujian agregat kasar yang telah dilakukan didapatkan data hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil pengujian agregat kasar (kerikil) Clereng

Nama pengujian	Hasil pengujian	Satuan	Standar
Berat jenis curah kering	2,51	-	SNI 1969:2008
Berat jenis jenuh kering permukaan	2,58	-	SNI 1969:2008
Berat jenis semu	2,70	-	SNI 1969:2008
Penyerapan air	2,82	%	SNI 1969:2008
Keausan (<i>los angeles</i>)	32,87	%	SNI 2417:2008
Berat isi	1,54	ton/m ³	SNI 1973:2008
Kadar air	3,71	%	SNI 1970:2011
Kadar lumpur	4,92	%	ASTM C117 – 13

4.3. Hasil *Slump Test*

Slump test merupakan suatu metode untuk menentukan kekakuan dari campuran beton segar (*fresh concrete*) yang digunakan sebagai penentu tingkat *workability* atau kemudahan pengerjaan suatu campuran beton. Hasil dari *slump test* adalah nilai *slump* yang mana merupakan penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai *slump* pada campuran beton sebesar 9 mm sampai 10 mm. Hasil *slump test* dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1 Hasil *slump test* pada campuran beton

4.4. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dalam penelitian ini dilakukan pada umur beton 7, 14 dan 28 hari dengan benda uji yang digunakan yaitu beton normal dan

beton *cold joint*. Beton normal merupakan beton biasa yang mana pada pembuatannya tidak menggunakan waktu jeda pengecoran, sedangkan beton *cold joint* merupakan beton yang pada pembuatannya mengalami waktu jeda pengecoran yaitu 120 menit dan 240 menit. Waktu jeda pengecoran pada pengujian ini digunakan agar *cold joint* pada beton dapat terbentuk sehingga lama waktu pembentukan *cold joint* dapat dianalisis. 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).

Berdasarkan pengujian kuat tekan beton normal didapatkan hasil kuat tekan rata-rata pada umur 7, 14, dan 28 hari masing-masing sebesar 28,54 MPa, 38,93 MPa, dan 42,78 MPa. Data hasil pengujian kuat tekan beton normal dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengujian kuat tekan beton normal

No. Benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur benda uji (Hari)	Beban puncak (Kg)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
N1			95530	41,65	
N2		28	95210	41,51	42,78
N3			103640	45,19	
N4			90845	39,61	
N5	0	14	82950	36,17	38,93
N6			94080	41,02	
N7			65980	28,77	
N9		7	66570	29,02	28,54
N10			63860	27,84	

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton *cold joint* arah vertikal (searah sumbu tekan) dengan waktu jeda pengecoran 120 menit didapatkan kuat tekan rata-rata pada umur 7, 14, dan 28 hari masing-masing sebesar 28,70 MPa, 39,25 MPa, dan 41,59 MPa data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.4. Sedangkan hasil pengujian *cold joint* arah horizontal (melintang sumbu tekan) dengan waktu jeda pengecoran yang sama didapatkan kuat tekan rata-rata pada umur 7, 14 dan 28 hari masing-masing sebesar 22,05 MPa, 33,16 MPa, dan 40,82 MPa data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.4 Hasil pengujian kuat tekan beton *cold joint* arah vertikal pada waktu jeda pengecoran 120 menit

No. Benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur benda uji (Hari)	Beban puncak (Kg)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
CV1.1			95430	41,61	
CV1.2		28	95030	41,43	41,59
CV1.3			95680	41,72	
CV1.4			87760	38,26	
CV1.5	120	14	90520	39,47	39,25
CV1.6			91820	40,03	
CV1.7			67170	29,29	
CV1.8		7	64380	28,07	28,70
CV1.9			65900	28,73	

Tabel 4.5 Hasil pengujian kuat tekan beton *cold joint* arah horizontal pada waktu jeda pengecoran 120 menit

No. Benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur benda uji (Hari)	Beban puncak (Kg)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
CH1.1			90920	39,64	
CH1.2		28	93790	40,89	40,82
CH1.3			96160	41,93	
CH1.4			65050	28,36	
CH1.5	120	14	79890	34,83	33,16
CH1.6			83210	36,28	
CH1.7			50010	21,80	
CH1.8		7	51530	22,47	22,05
CH1.9			50170	21,87	

Hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan pada beton *cold joint* arah vertikal (searah sumbu tekan) dengan waktu jeda pengecoran 240 menit didapatkan kuat tekan rata-rata pada umur 7, 14, dan 28 hari masing-masing sebesar 20,19 MPa, 33,25 MPa, dan 39,77 MPa data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.4. Sedangkan hasil pengujian *cold joint* arah horizontal (melintang sumbu tekan) dengan waktu jeda pengecoran yang sama didapatkan kuat tekan

rata-rata pada umur 7, 14 dan 28 hari masing-masing sebesar 18,81 MPa, 27,55 MPa, dan 33,55 MPa data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5.

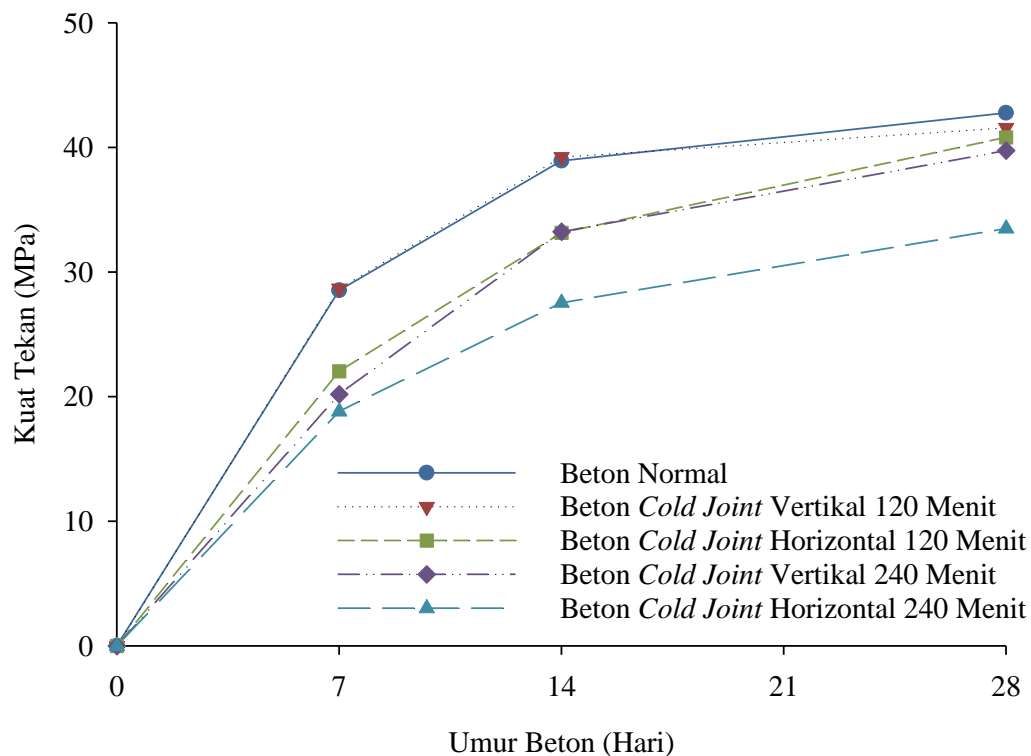
Tabel 4.6 Hasil pengujian kuat tekan beton *cold joint* arah vertikal pada waktu jeda pengecoran 240 menit

No. Benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur benda uji (Hari)	Beban puncak (Kg)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
CV2.1			91740	40,00	
CV2.2		28	94660	41,27	39,77
CV2.3			87230	38,03	
CV2.4			76920	33,54	
CV2.5	240	14	79800	34,79	33,25
CV2.6			72030	31,41	
CV2.9			48070	20,96	
CV2.10		7	44900	19,58	20,19
CV2.11			45970	20,04	

Tabel 4.7 Hasil pengujian kuat tekan beton *cold joint* arah horizontal pada waktu jeda pengecoran 240 menit

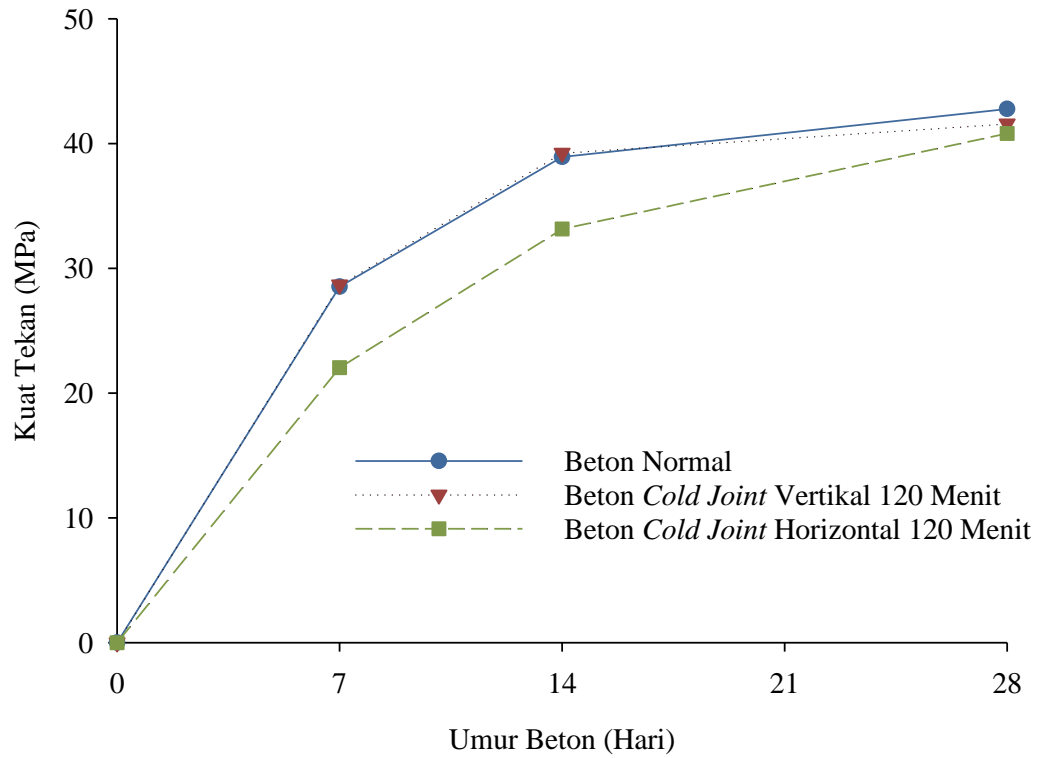
No. Benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur benda uji (Hari)	Beban puncak (Kg)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
CH2.1			69360	30,24	
CH2.2		28	77000	33,57	33,50
CH2.3			84140	36,69	
CH2.4			57900	25,24	
CH2.5	240	14	65960	28,76	27,55
CH2.6			65730	28,66	
CH2.9			41970	18,30	
CH2.10		7	43670	19,04	18,81
CH2.11			43820	19,11	

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 4.2.

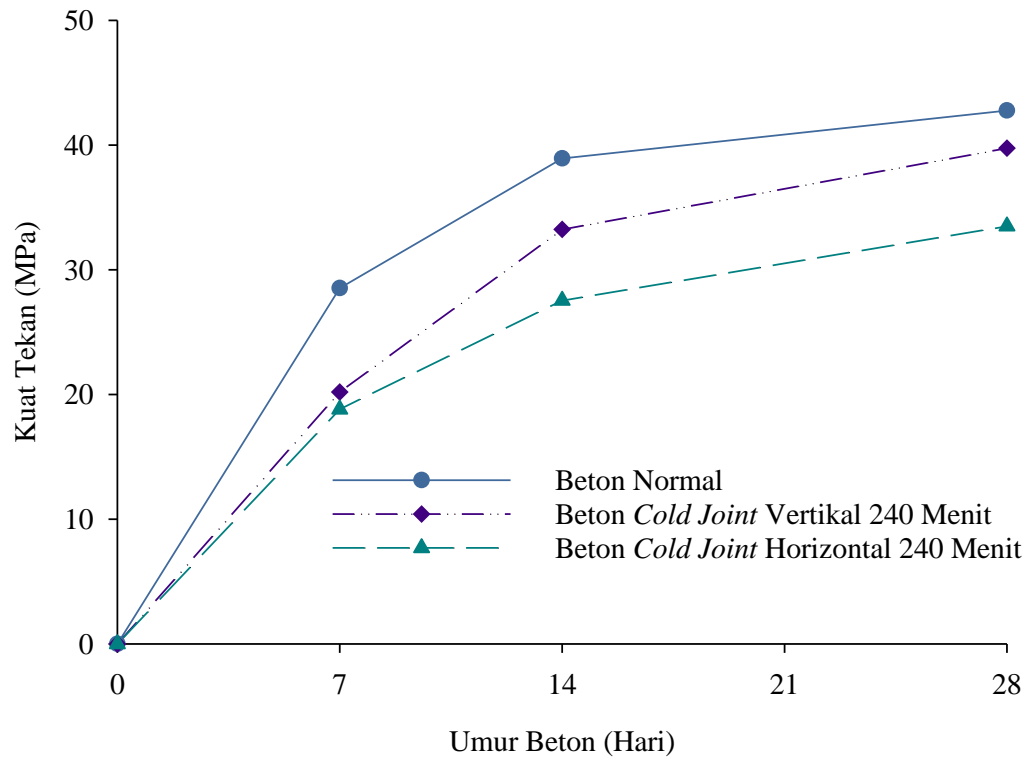


Gambar 4.2 Hubungan kuat tekan dan umur beton

Berdasarkan hubungan kuat tekan dan umur beton pada waktu jeda pengecoran 120 menit yang dapat dilihat pada Gambar 4.3, 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 4.4, 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

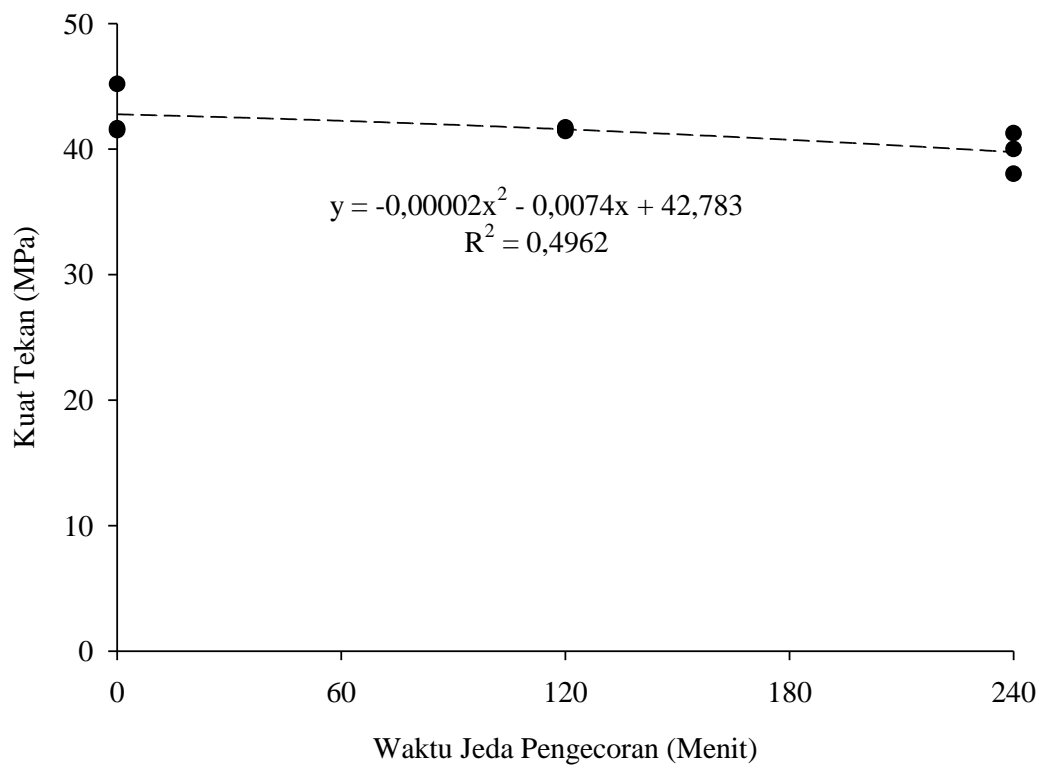


Gambar 4.3 Hubungan kuat tekan dan umur beton pada waktu jeda pengecoran 120 menit



Gambar 4.4 Hubungan kuat tekan dan umur beton pada waktu jeda pengecoran 240 menit

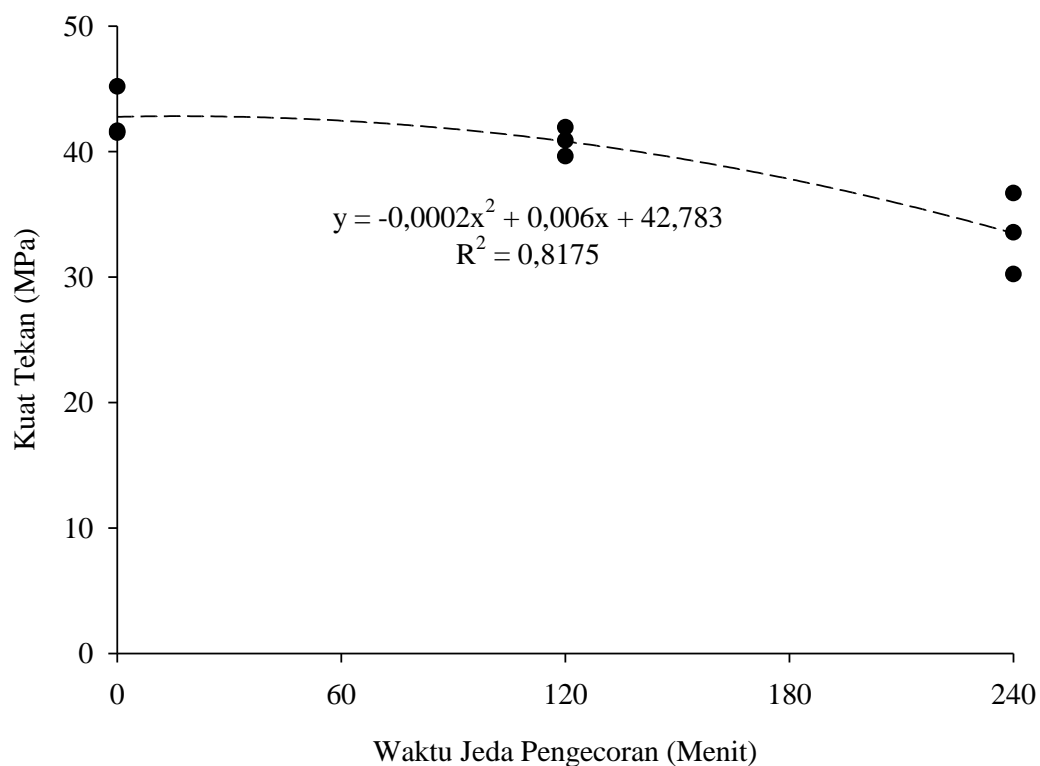
Berdasarkan hubungan kuat tekan dan waktu jeda pengecoran pada beton *cold joint* arah vertikal umur 28 hari diperoleh analisis regresi dengan persamaan $y = -0,00002x^2 - 0,0074x + 42,783$ dan nilai $R^2 = 0,4962$ yang dapat dilihat pada Gambar 4.5, hasil dari persamaan tersebut menunjukkan bahwa setiap 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 4.5 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 4.6, 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 4.6 Hubungan kuat tekan dan waktu jeda pengecoran pada beton *cold joint* arah horizontal umur 28 hari

4.5. 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 4.8. 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 dengan waktu yang berbeda menjadi berkurang.

Tabel 4.8 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> arah vertikal 120 menit			Benda uji mengalami kerusakan di bagian atas dan retak di bagian tengah pada sambungan dingin
Beton <i>cold joint</i> arah 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> arah 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> arah horizontal 240 menit			Benda uji mengalami kerusakan parah di bagian atas, kiri, dan bawah dengan keretakan di bagian tengah pada sambungan dingin

4.6. Perbandingan Hasil Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Berdasarkan pengujian dan analisis data didapatkan bahwa pada penelitian sekarang memiliki kesamaan dan perbedaan dengan penelitian terdahulu di mana hasil data pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 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
			60 menit	24,99	25,56
Terdahulu	Selang Waktu dan Sambungan Berbeda pada Pengaruh Kualitas Beton Biasa (Tapkire dan Parihar, 2014)	26	230 menit	24,62	25,01
			24 jam	23,69	24,54

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.