

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Agregat Halus

4.1.1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan air yang dapat diserap agregat kasar, yang dihitung terhadap berat kering. Pengujian ini didapatkan hasil berat jenis jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*) yaitu 2,54, berat jenis curah kering (*bulk specific gravity*) yaitu 2,43, berat jenis semu (*apparent spesific gravity*) yaitu 2,75, dan penyerapan air yaitu 4,83%. Data hasil pengujian dan analisa perhitungan dapat dilihat pada Lampiran.

4.1.2. Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur bertujuan untuk menentukan persentase kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus yang bertujuan untuk menentukan apakah agregat halus tersebut baik atau tidak baik digunakan pada campuran beton. Kadar lumpur yang berlebih dalam agregat halus dapat menurunkan kekuatan beton. Sehingga mutu beton yang telah direncanakan tidak terpenuhi. Hasil pengujian kadar lumpur sudah memenuhi syarat yaitu sebesar 2% di mana lebih rendah dari yang disyaratkan yaitu sebesar 5%. Data pengujian dan analisis hitungan kadar lumpur dapat dilihat pada Lampiran.

4.1.3. Pengujian Analisis Saringan

Analisa saringan adalah pengelompokan besar butir analisa agregat halus menjadi komposisi gabungan yang ditinjau berdasarkan saringan. Tujuan pengujian analisa saringan adalah pembagian butiran (*gradasi*) agregat yang diperlukan untuk dalam perencanaan adukan beton. Salah satunya adalah nilai modulus halus butir. Modulus Halus Butir adalah suatu indeks yang dipakai untuk mengukur kekasaran atau kehalusan butir-butir agregat, semakin besar nilai MHB dalam agregat maka semakin besar butiran agregatnya. Pada pengujian analisis saringan, didapatkan nilai MHB pengujian pertama dengan nilai sebesar 2,74, pengujian kedua didapatkan sebesar 2,82, dan pada pengujian ketiga didapatkan

sebesar 2,69 dengan MHB rata-rata 2,75. Data hasil pengujian dan analisis hitungan dapat dilihat pada Lampiran.

4.1.4. Pengujian Kadar Air

Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air di dalam agregat dengan berat agregat keadaan kering. Jumlah air yang terkandung harus diketahui karena akan mempengaruhi campuran beton tersebut. Pada pengujian ini didapatkan hasil nilai kada air rata-rata agregat halus sebesar 6,71%. Data hasil pengujian dan analisis hitungan dapat dilihat pada Lampiran.

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

4.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

4.2.1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian ini didapatkan hasil berat jenis jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*) yaitu 2,58, berat jenis curah kering (*bulk specific gravity*) yaitu 2,51, berat jenis semu (*apparent spesific gravity*) yaitu 2,70, dan penyerapan air yaitu 2,82%. Data hasil pengujian dan analisa perhitungan dapat dilihat pada Lampiran.

4.2.2. Pengujian Keausan (*Los Angels*)

Pengujian keausan (*los angels*) adalah pengujian agregat kasar yang berprinsip menguji agregat dengan pukulan dan gesekan. Tujuan pengujian ini yaitu untuk mengetahui tingkat ketahanan agregat dari gesekan terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Abrasi Los Angels*. Jika semakin besar nilai keausan maka semakin lemah daya tahan agregat, sebaliknya jika semakin rendah nilai keausan maka semakin kuat daya tahan agregat. Pada pengujian ini, didapatkan nilai keausan rata-rata sebesar 32,87%. Data hasil pengujian dan analisis hitungan dapat dilihat pada Lampiran.

4.2.3. Pengujian Berat Isi

Berat isi agregat merupakan massa agregat yang diperlukan untuk memenuhi isi volume wadah agregat setelah semua agregat dikumpulkan berdasarkan volume. Berat isi agregat digunakan dalam perencanaan campuran beton untuk menghitung jumlah bahan ditakar dengan ukuran volume. Dari hasil pengujian ini, didapatkan hasil 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.

4.2.4. Pengujian Kadar Air

Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air di dalam agregat dengan berat agregat keadaan kering. Jumlah air yang terkandung harus diketahui karena akan mempengaruhi campuran beton tersebut. Pada pengujian ini didapatkan hasil nilai kadar air rata-rata agregat halus sebesar 3,71%. Data hasil pengujian dan analisis hitungan dapat dilihat pada Lampiran.

4.2.5. Pengujian Kadar Lumpur

Tujuan pengujian kadar lumpur yaitu untuk menentukan persentase kadar lumpur yang terkandung dalam agregat kasar yang bertujuan untuk menentukan apakah agregat halus tersebut baik atau tidak baik digunakan pada campuran beton. Kadar lumpur yang berlebih dalam agregat halus dapat menurunkan kekuatan beton. Sehingga mutu beton yang telah direncanakan tidak terpenuhi. Hasil pengujian kadar lumpur yaitu sebesar 4,92% di mana lebih besar dari yang

disyaratkan yaitu sebesar 1%. Agregat kasar harus dicuci hingga bersih sebelum digunakan. Data pengujian dan analisis hitungan kadar lumpur dapat dilihat pada Lampiran.

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

4.3. Hasil *Slump Test*

Uji *slump test* merupakan suatu metode yang digunakan untuk menentukan kekakuan dari campuran beton segar (*fresh concrete*) yang memastikan tingkat kemudahan pengerjaan campuran beton (*workability*). Campuran beton yang terlalu cair akan menyebabkan lama mengering dan mutu beton rendah. Hasil uji *slump* yaitu nilai *slump* yang merupakan penurunan ketinggian pada permukaan atas beton. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai *slump* sebesar 8 mm sampai 9 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 Beton

Pada penelitian ini, pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 3, 7, dan 28 hari dengan benda uji yang digunakan yaitu beton normal dan *cold joint* dengan campuran bahan tambah zat aditif (*besmittel*). Tujuan dilakukannya penambahan bahan zat aditif (*besmittel*) yaitu untuk mengetahui seberapa berpengaruh bahan tambahan terhadap kuat tekan beton berkekuatan awal tinggi pada usia atau umur beton yang masih muda. Beton normal dengan bahan tambahan adalah beton yang pembuatannya tidak memerlukan waktu jeda pada saat pengecoran. Beton *cold joint* dengan bahan tambahan adalah beton yang pembuatannya mendapati waktu jeda pada saat pengecoran yaitu 120 menit dan 240 menit. waktu jeda pengecoran pada pengujian digunakan agar beton mengalami *cold joint* sehingga beton dapat dianalisis waktu pembentukan *cold joint*. Pengujian kuat tekan beton *cold joint* dibedakan menjadi dua arah yaitu *cold joint* arah horizontal (melintang sumbu tekan) dan *cold joint* arah vertikal (searah sumbu tekan).

Pengujian kuat tekan pada beton normal didapatkan hasil kuat tekan rata-rata pada umur 3 hari sebesar 30,24 MPa, umur 7 hari sebesar 31,79 MPa, dan umur 28 hari sebesar 36,13 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)
BU 13			67160	29,28	
BU 14		3	69650	30,37	30,24
BU 15			71230	31,06	
BU 3			66920	29,18	
BU 4	0	7	79790	34,79	31,79
BU 5			72060	31,42	
BU 9			81130	35,37	
BU 10		28	84270	36,74	36,13
BU 11			83230	36,29	

Hasil pengujian kuat tekan beton *cold joint* arah horizontal (melintang sumbu tekan) dengan waktu jeda pengecoran 120 menit didapatkan kuat tekan rata-rata pada umur 3 hari sebesar 25,18 MPa, umur 7 hari sebesar 27,65 MPa, dan umur 28 hari sebesar 29,12 MPa, data hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 4.4. Sedangkan hasil pengujian kuat tekan beton *cold joint* arah vertikal (searah sumbu tekan) dengan waktu jeda waktu pengecoran 120 menit didapatkan kuat tekan rata-rata pada 3 hari sebesar 26,58 MPa, 7 hari sebesar 28,14 MPa, dan 28 hari sebesar 32,14 MPa, data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.4 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)	Beban puncak (Kg)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
CJH 1			55730	24,39	
CJH 2		3	58920	25,69	25,18
CJH 3			58640	25,57	
CJH 4			49920	21,77	
CJH 5	120	7	69930	30,49	28,02
CJH 6			72970	31,81	
CJH 7			78850	34,38	
CJH 8		28	80320	35,02	33,92
CJH 9			74250	32,37	

Tabel 4.5 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)	Beban puncak (Kg)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
CJV 1			65220	28,44	
CJV 2		3	67670	29,50	26,58
CJV 3			49980	21,79	
CJV 4	120		74530	32,50	
CJV 5		7	68220	29,74	31,01
CJV 6			70620	30,79	

Tabel 4. 6 Hasil pengujian kuat tekan beton *cold joint* arah vertikal dengan waktu jeda pengecoran 120 menit (lanjutan)

No. benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur benda uji (Hari)	Beban puncak (Kg)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
CJV 7			76700	33,44	
CJV 8		28	80430	35,07	34,23
CJV 9			78430	34,20	

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton *cold joint* arah horizontal (melintang sumbu tekan) dengan waktu jeda pengecoran 240 menit didapatkan kuat tekan rata-rata pada umur 3 hari sebesar 17,01 MPa, umur 7 hari sebesar 28,02 MPa, dan umur 28 hari sebesar 33,92 MPa, data hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 4.6. Sedangkan hasil pengujian kuat tekan beton *cold joint* arah vertikal (searah sumbu tekan) dengan waktu jeda waktu pengecoran 240 menit didapatkan kuat tekan rata-rata pada umur 3 hari sebesar 23,85 MPa, umur 7 hari sebesar 31,01 Mpa, dan umur 28 hari sebesar 34,23 MPa, data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.7.

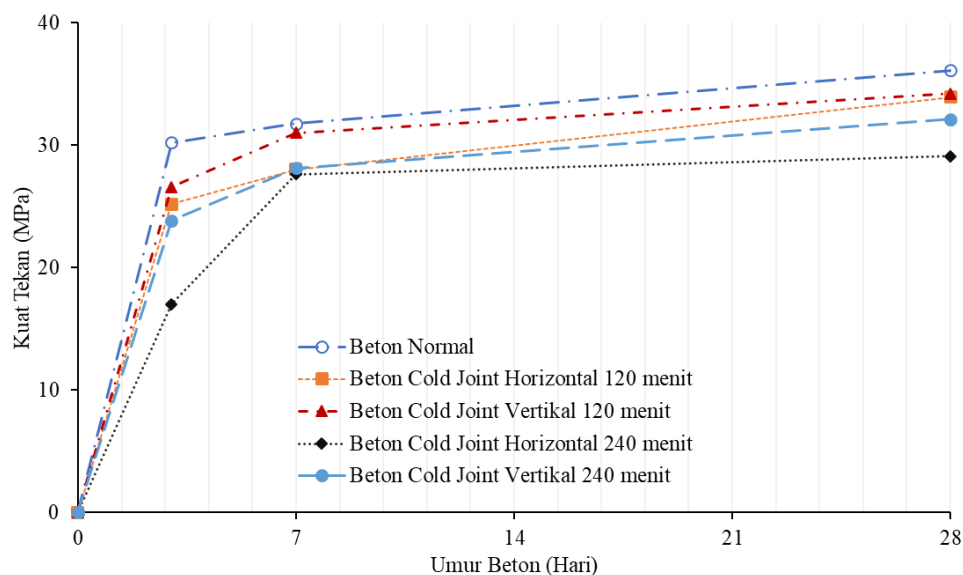
Tabel 4. 7 Hasil pengujian kuat tekan beton *cold joint* arah horizontal dengan waktu jeda pengecoran 240 menit

No. benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur benda uji (Hari)	Beban puncak (Kg)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
CJH10			35010	15,26	
CJH11		3	40580	17,69	17,01
CJH12			41450	18,07	
CJH13			59090	25,76	
CJH14	240	7	62610	27,30	27,65
CJH15			68530	29,88	
CJH16			55660	24,27	
CJH17		28	70600	30,78	29,12
CJH18			74130	32,32	

Tabel 4. 8 Hasil pengujian kuat tekan beton *cold joint* arah vertikal dengan waktu jeda pengecoran 240 menit

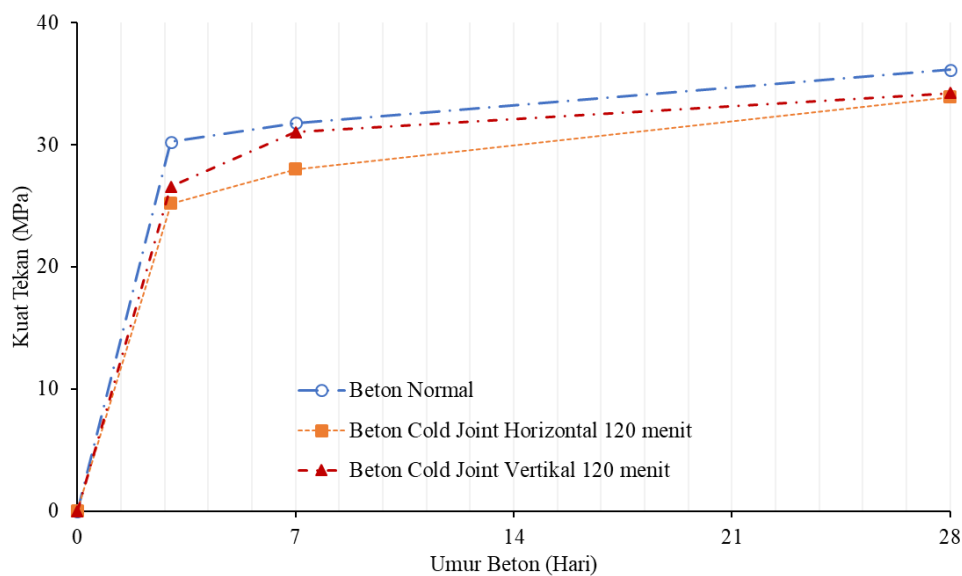
No. benda uji	Waktu jeda pengecoran (Menit)	Umur benda uji (Hari)	Beban puncak (Kg)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
CJV10			54130	23,60	
CJV11		3	55260	24,09	23,85
CJV12			54700	23,85	
CJV13			64270	28,02	
CJV14	240	7	64800	28,25	28,14
CJV15			64520	28,13	
CJV16			61290	26,72	
CJV17		28	83610	36,45	32,14
CJV18			76260	33,25	

Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur beton 3, 7, dan 28 hari memperlihatkan hubungan antara umur beton dan kuat tekan beton yang di mana semakin bertambahnya umur beton maka kuat tekan beton semakin bertambah. Hasil analisis data dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hubungan kuat tekan dan umur beton

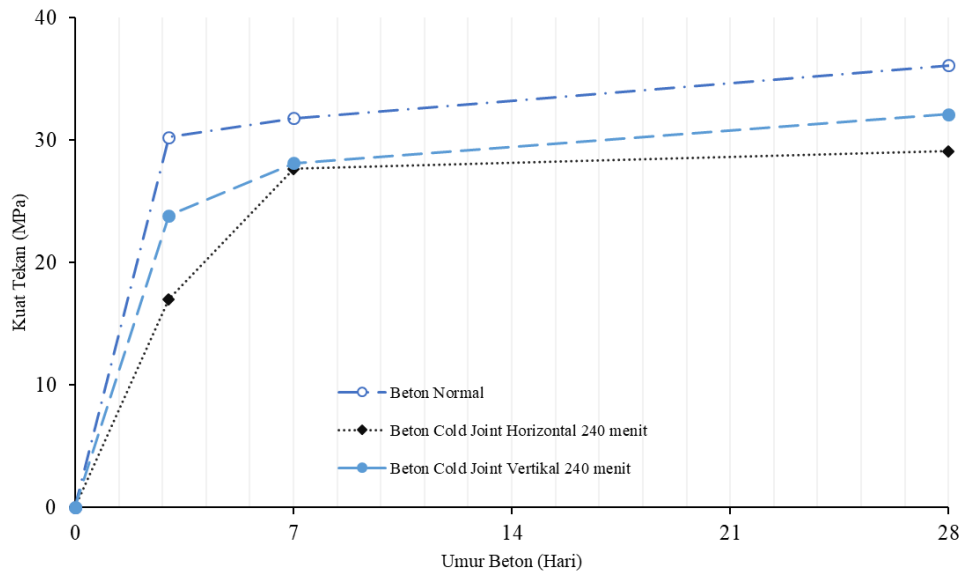
Data hasil analisis hubungan antara kuat tekan dan umur beton pada waktu jeda pengecoran 120 menit menunjukkan ada penurunan kuat tekan beton *cold joint* arah horizontal dengan beton normal sebesar 6,12% di mana nilai kuat tekan rata-rata *cold joint* horizontal adalah 33,92 MPa. Sedangkan beton normal nilai kuat tekan adalah 36,13 MPa. Pada *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 dengan jeda waktu pengecoran 120 menit. Grafik hubungan kuat tekan dan umur beton pada waktu jeda pengecoran 120 menit dapat dilihat pada Gambar 4.3.



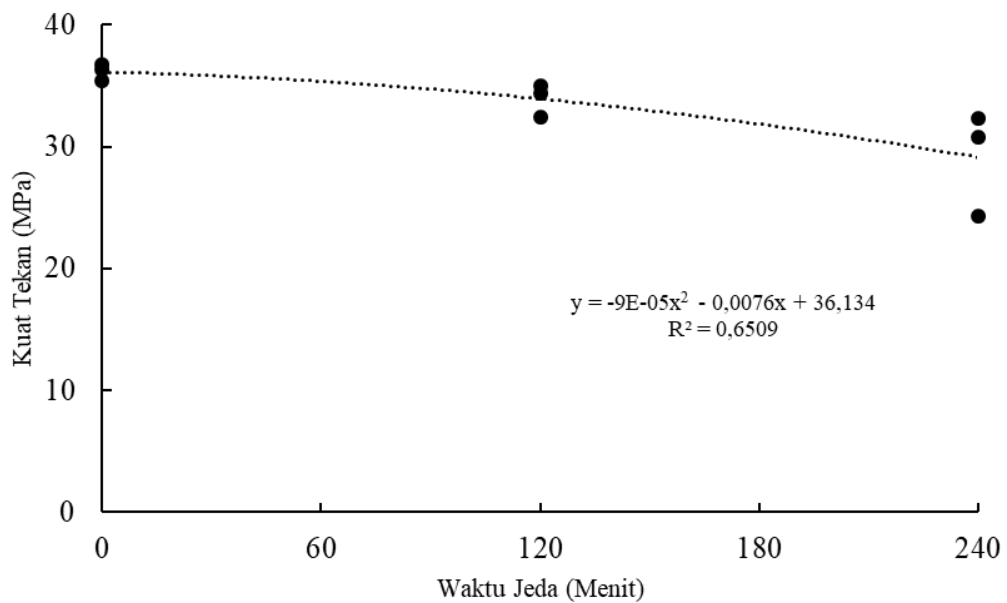
Gambar 4.3 Hubungan antara kuat tekan dan umur beton dengan waktu jeda pengecoran 120 menit

Data hasil analisis hubungan antara kuat tekan dan umur beton pada waktu jeda pengecoran 240 menit menunjukkan ada penurunan kuat tekan beton *cold joint* arah horizontal dengan beton normal sebesar 19,40% di mana nilai kuat tekan rata-rata *cold joint* horizontal adalah 29,12 MPa sedangkan beton normal nilai kuat tekan adalah 36,13 MPa. Pada *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 dengan jeda waktu pengecoran

240 menit. grafik hubungan kuat tekan dan umur beton pada waktu pengecoran 240 menit dapat dilihat pada Gambar 4.4.



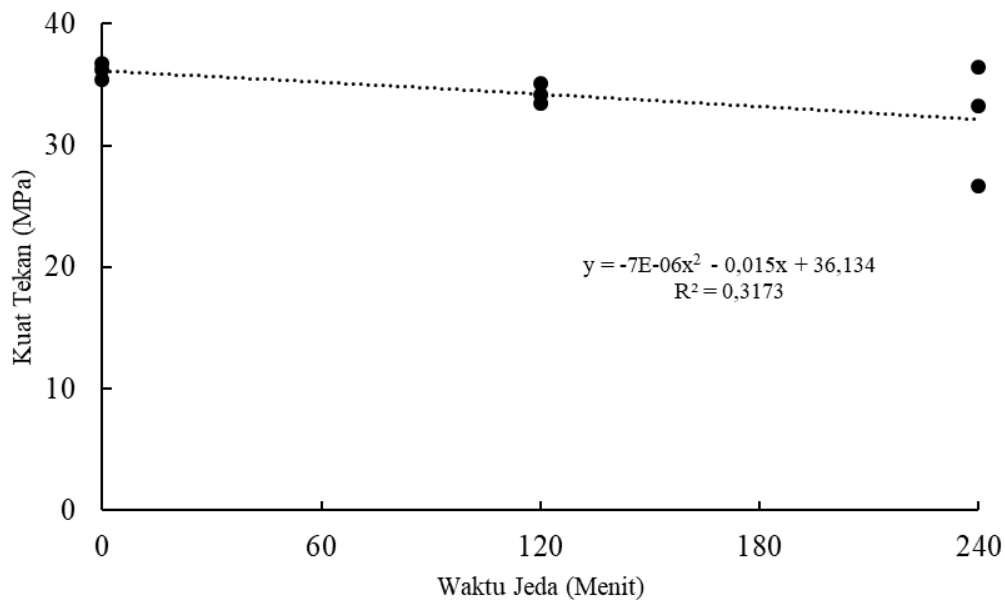
Gambar 4.4 Hubungan antara kuat tekan dan umur beton dengan waktu jeda pengecoran 240 menit



Gambar 4.5 Hubungan antara kuat tekan pada beton *cold joint* arah horizontal dan waktu jeda pengecoran pada umur 28 hari

Pada hasil analisis data hubungan antara waktu jeda pengecoran dan kuat tekan beton *cold joint* arah horizontal pada umur 28 hari menunjukkan semakin

lama waktu jeda pengecoran maka kuat tekan beton semakin menurun. Menurut analisis regresi pada Gambar 4.5 didapatkan persamaan regresi yaitu $y = -9E-05x^2 - 0,0076x + 36,134$ dengan nilai $R^2 = 0,6509$. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa semakin meningkatnya waktu jeda pengecoran maka mengakibatkan kuat tekan *cold joint* arah horizontal mengalami penurunan. Hasil persamaan regresi memperlihatkan bahwa kuat tekan beton *cold joint* arah horizontal dengan waktu jeda pengecoran 120 mengalami penurunan 6,10% dengan kuat tekan sebesar 33,93 MPa dibandingkan dengan kuat tekan maksimum pada waktu jeda pengecoran 0 menit yaitu 36,13 MPa. Pada waktu jeda pengecoran 240 menit dengan kuat tekan sebesar 29,13 MPa mengalami penurunan sebesar 19,39%.



Gambar 4.6 Hubungan antara kuat tekan pada beton *cold joint* arah vertikal dan waktu jeda pengecoran pada umur 28 hari











Pada hasil analisis data hubungan antara waktu jeda pengecoran dan kuat tekan beton *cold joint* arah vertikal pada umur 28 hari menunjukkan semakin lama waktu jeda pengecoran maka kuat tekan beton semakin menurun. Menurut analisis regresi pada Gambar 4.6 didapatkan persamaan regresi yaitu $y = -7E-06x^2 - 0,015x + 36,134$ dengan nilai $R^2 = 0,3173$. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa semakin meningkatnya waktu jeda pengecoran maka mengakibatkan kuat

tekan *cold joint* arah vertikal mengalami penurunan. Hasil persamaan regresi memperlihatkan bahwa kuat tekan beton *cold joint* arah vertikal dengan waktu jeda pengecoran 120 mengalami penurunan 5,25% dengan kuat tekan sebesar 34,23 MPa dibandingkan dengan kuat tekan maksimum pada waktu jeda pengecoran 0 menit yaitu 36,13 MPa. Pada waktu jeda pengecoran 240 menit dengan kuat tekan sebesar 32,13 MPa mengalami penurunan sebesar 11,07%.

4.5. Perbandingan Hasil penelitian

Hasil pengujian kuat tekan mengakibatkan beton mengalami perubahan fisik. Pada pengujian ini didapatkan perbandingan kondisi fisik benda uji sebelum dan setelah uji tekan yang dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 9 Perbandingan hasil penelitian benda uji sebelum dan setelah uji tekan

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 bagian tengah <i>cold joint</i>

4.6. 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 4.10.

Tabel 4.10 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
	Pengaruh <i>Cold Joint</i> Horizontal		240 menit	32,14	29,12
Sekarang	Cast terhadap Kuat Tekan pada Struktur Beton Selang Waktu dan Sambungan Berbeda pada	36,13	120 menit	34,33	33,92
			24 jam	23,69	24,54
Terdahulu	Pengaruh Kualitas Beton Biasa (Tapkire dan Parihar, 2014)	26	230 menit	24,62	25,01
			60 menit	24,99	33,92

Penelitian sekarang menunjukkan kesamaan penelitian dengan yang terdahulu yaitu semakin lama waktu jeda pengecoran maka kuat tekan beton akan semakin berkurang. Perbedaan antara hasil 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