

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Agregat Halus

4.1.1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Agregat halus memiliki sifat tersendiri terhadap beratnya yang tergantung pada tingkat kepadatan, bentuk butir maupun tingkat kebasahannya. Semakin kecil berat jenis agregat maka volume agregat semakin besar sebaliknya semakin besar berat jenis agregat maka semakin kecil pula volume agregatnya. Pengujian ini dilakukan untuk menghitung jumlah agregat halus yang akan digunakan dalam perencanaan campuran beton. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil seperti berikut ini.

1. Berat jenis curah kering (*bulk specific gravity*) sebesar 2,43
2. Berat jenis jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*) sebesar 2,54
3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) sebesar 2,75
4. Penyerapan air sebesar 4,83%

Data hasil pengujian dan analisis hitungan dapat dilihat pada Lampiran 1.

4.1.2. Pengujian Kadar Lumpur

Lumpur adalah gumpalan atau lapisan yang menutupi permukaan agregat. Kandungan lumpur pada permukaan butiran agregat akan mempengaruhi kekuatan dan ketahanan beton. Pengujian kadar lumpur pada agregat halus ini bertujuan untuk mengetahui presentase kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan didapatkan hasil kadar lumpur yang pada agregat halus sebesar 2%. Hasil yang didapatkan lebih rendah dibandingkan dengan kadar lumpur yang disyaratkan yaitu 2%. Data hasil pengujian dan analisis hitungan kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 2.

4.1.3. Pengujian Gradasi Butiran

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Dalam perencanaan data distribusi butiran diperlukan untuk mengetahui nilai modulus halus butir. Modulus halus butir (*fineness modulus*) adalah suatu indeks yang digunakan untuk

menjadi ukuran kehalusan dan kekasaran butiran agregat. Semakin besar nilai modulus halus butir maka semakin besar pula butiran agregatnya. Berdasarkan hasil pengujian gradasi butiran 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 dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat pada agregat. Berdasarkan hasil pengujian kadar air agregat halus didapatkan nilai kadar air rata-rata sebesar 6,17% . Data hasil pengujian kadar air agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 4.1

Berdasarkan beberapa pengujian agregat halus yang telah dilakukan didapatkan data hasil pengujian seperti 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 1970:2009
Penyerapan air	4,83	%	SNI 1970:2010
Kadar lumpur	2	%	ASTM C117-13
Gradasi butiran (modulus halus butir)	2,75	-	ASTM C136C136M-14
Kadar air	6,17	&	SNI 1970:2011

4.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

4.4.1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Berdasarkan pengujian berat jenis dan penyerapan air didapatkan hasil sebagai berikut ini.

1. Berat jenis curah kering (*bulk specific gravity*) sebesar 2,51
2. Berat jenis jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*) sebesar 2,58
3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) sebesar 2,70
4. Penyerapan air sebesar 2,82%

Data hasil pengujian dan analisis perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 5.

4.4.2. Pengujian Keausan (*Los Angeles*)

Keausan merupakan perbandingan antara berat bahan awal dengan berat bahan yang hilang atau tergerus. Pengujian abrasi *Los Angeles (Abrasion Los Angeles Test)* dilakukan untuk mengetahui ketahanan suatu agregat terhadap penghancuran (degradasi). Semakin besar nilai keausannya maka semakin lemah kekuatan agregatnya dan sebaliknya semakin kecil nilai keausannya maka semakin kuat pula kekuatan agregatnya. Berdasarkan hasil pengujian keausan (*Los Angeles*) agregat kasar maka didapatkan nilai keausan rata-rata sebesar 32,87%. Data hasil pengujian dan analisis hitungan dapat dilihat pada Lampiran 6.

4.4.3. Pengujian Berat Isi

Berat isi atau berat satuan merupakan rasio antara berat agregat dan isi atau volume. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat agregat dengan ukuran volume yang digunakan dalam perencanaan campuran beton. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan maka didapatkan hasil berat isi rata-rata agregat kasar sebesar $1,54 \text{ g/cm}^3$ atau sama dengan $1,54 \text{ ton/m}^3$. Data hasil pengujian dan analisis hitungan dapat dilihat pada Lampiran 7.

4.4.4. Pengujian Kadar Air

Kadar air agregat merupakan perbandingan antara berat air yang terkandung didalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jumlah takaran air yang akan digunakan pada perencanaan campuran beton. Berdasarkan hasil pengujian maka didapatkan hasil kadar air rata-rata sebesar 3,71%. Data hasil pengujian dan analisis hitungan dapat dilihat pada Lampiran 8.

4.4.5. Pengujian Kadar Lumpur

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan maka didapatkan hasil pengujian kadar lumpur pada agregat kasar sebesar 4,92%. Kadar lumpur yang didapatkan pada pengujian ini lebih besar dari pada kadar lumpur yang diisyaratkan yaitu sebesar 1% sehingga agregat kasar yang digunakan harus dicuci dulu sebelum digunakan. Data hasil pengujian dan analisis hitungan kadar lumpur dapat dilihat pada Lampiran 8.

Berdasarkan pengujian agregat kasar yang telah dilakukan maka 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	2,7	-	SNI 1969:2008
Penyerapan air	2,82	%	SNI 1969:2008
Keausan (Los Angeles)	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 Pengujian *Slump Test*

Slump test merupakan suatu metode untuk menentukan nilai kekauan dari sebuah campuran beton segar (*fresh concrete*) yang digunakan sebagai penentu tingkat *workability* atau kemudahan pengerjaan suatu campuran beton. Berdasarkan hasil pengujian *slump test* maka didapatkan nilai *slump* sebesar 8 cm. Hasil *slump test* dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Hasil *slump test* pada campuran beton

4.4. Hasil Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur pada penelitian ini dilakukan pada beton umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan benda uji yang digunakan yaitu beton *cold joint* dengan tambahan serat *polypropylene* dan beton *cold joint* tanpa tambahan serat *polypropylene*. Beton *cold joint* merupakan beton yang proses pembuatannya memiliki jeda waktu pengecoran yaitu 120 dan 240 menit. Pengujian kuat lentur pada pada beton *cold joint* dibedakan menjadi dua yaitu pengujian arah vertikal (searah sumbu tekan) dan arah horizontal (melintang sumbu tekan).

4.4.1. Beton *cold joint* tanpa tambahan serat *polypropylene*

Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur beton *cold joint* tanpa tambahan serat *polypropylene* dengan menggunakan sample benda uji CDV (beton *cold joint* tanpa tambahan serat arah vertikal 120 menit) dan CDH (beton *cold joint* tanpa tambahan serat arah horizontal 120 menit) arah vertikal dengan jeda waktu pengecoran 120 menit maka didapatkan hasil kuat lentur rata-rata pada beton umur 7 hari sebesar 4,87 Mpa, beton umur 14 hari sebesar 5,88 Mpa, dan beton umur 28 hari sebesar 7,08 Mpa. Sedangkan hasil pengujian *cold joint* arah horizontal (melintang sumbu tekan) dengan jeda waktu pengecoran yang sama maka didapatkan hasil kuat lentur rata-rata pada beton umur 7 hari sebesar 5,34 Mpa, beton umur 14 hari sebesar 6,77 Mpa, dan beton umur 28 hari sebesar 7,38 Mpa. Data hasil pengujian kuat lentur vertikal dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan arah horizontal pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 3 Hasil pengujian kuat lentur beton *cold joint* tanpa tambahan serat *polypropylene* pada jeda waktu pengecoran 120 menit

No. Benda Uji	Jeda Waktu Pengecoran (Menit)	Umur Benda Uji (Hari)	Beban Puncak (Kg)	Kuat Lentur (Mpa)	Kuat Lentur rata-rata (Mpa)
CDV 2.1.7	120	7	2183.42	4.76	4.87
CDV 2.2.7		7	2288.23	4.99	
CDV 2.1.14		14	2625.35	5.72	5.88
CDV 2.2.14		14	2772.99	6.04	
CDV 2.1.28		28	3257.5	7.1	7.08
CDV 2.2.28		28	3236.84	7.05	

Tabel 4. 4 Hasil pengujian kuat lentur beton *cold joint* tanpa tambahan serat *polypropylene* arah horizontal pada jeda waktu pengecoran 120 menit

No. Benda Uji	Jeda Waktu Pengecoran (Menit)	Umur Benda Uji (Hari)	Beban Puncak (Kg)	Kuat Lentur (Mpa)	Kuat Lentur rata-rata (Mpa)
CDH 2.1.7	120	7	2452.51	5.35	5.34
CDH 2.2.7		7	2449.74	5.34	
CDH 2.1.14		14	3385.49	7.38	6.77
CDH 2.2.14		14	2828.67	6.17	
CDH 2.1.28		28	3554.55	7.75	7.38
CDH 2.2.28		28	3214.41	7.01	

Berdasarkan pengujian kuat lentur yang dilakukan pada beton *cold joint* dengan menggunakan sample benda uji CDV (beton *cold joint* tanpa tambahan serat arah vertikal 240 menit) dan CDH (beton *cold joint* tanpa tambahan serat arah horizontal 240 menit) arah vertikal (searah sumbu tekan) dengan jeda waktu pengecoran 240 menit maka didapatkan hasil kuat lentur rata-rata beton umur 7 hari sebesar 4,13 Mpa, beton umur 14 hari sebesar 5,41 Mpa, dan beton umur 28 hari sebesar 6,81 Mpa. Sedangkan pada beton *cold joint* arah horizontal (melintang sumbu tekan) dengan jeda waktu pengecoran 240 menit didapatkan hasil kuat lentur rata-rata beton umur 7 hari sebesar 5,39 Mpa, beton umur 14 hari sebesar 6,01 Mpa, dan beton umur 28 hari sebesar 6,94 Mpa. Data hasil pengujian kuat lentur beton *cold joint* arah vertikal (searah sumbu tekan) dengan jeda waktu pengecoran 240 menit dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan data pengujian kuat lentur beton *cold joint* arah horizontal (melintang sumbu tekan) dengan jeda waktu 240 menit dapat dilihat pada Tabel 4.6.

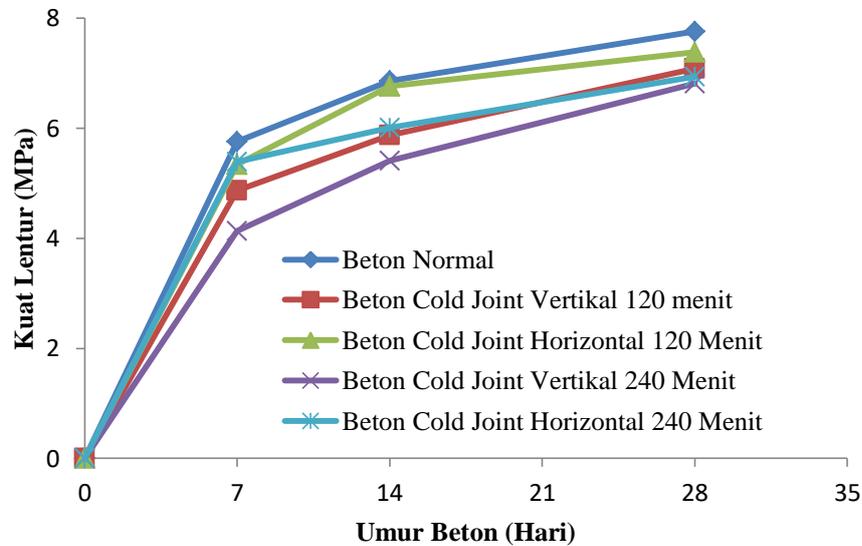
Tabel 4. 5 Hasil pengujian kuat lentur beton *cold joint* tanpa tambahan serat *polypropylene* arah vertikal pada jeda waktu pengecoran 240 menit

No. Benda Uji	Jeda Waktu Pengecoran (Menit)	Umur Benda Uji (Hari)	Beban Puncak (Kg)	Kuat Lentur (Mpa)	Kuat Lentur rata-rata (Mpa)
CDV 4.1.7	240	7	2020.16	4.4	4.13
CDV 4.2.7		7	1769.72	3.86	
CDV 4.1.14		14	1962.71	4.28	5.41
CDV 4.2.14		14	3001.26	6.54	
CDV 4.1.28		28	2997.23	6.53	6.81
CDV 4.2.28		28	3248.68	7.08	

Tabel 4. 6 Hasil pengujian kuat lentur beton *cold joint* tanpa tambahan serat *polypropylene* arah horizontal pada jeda waktu pengecoran 240 menit

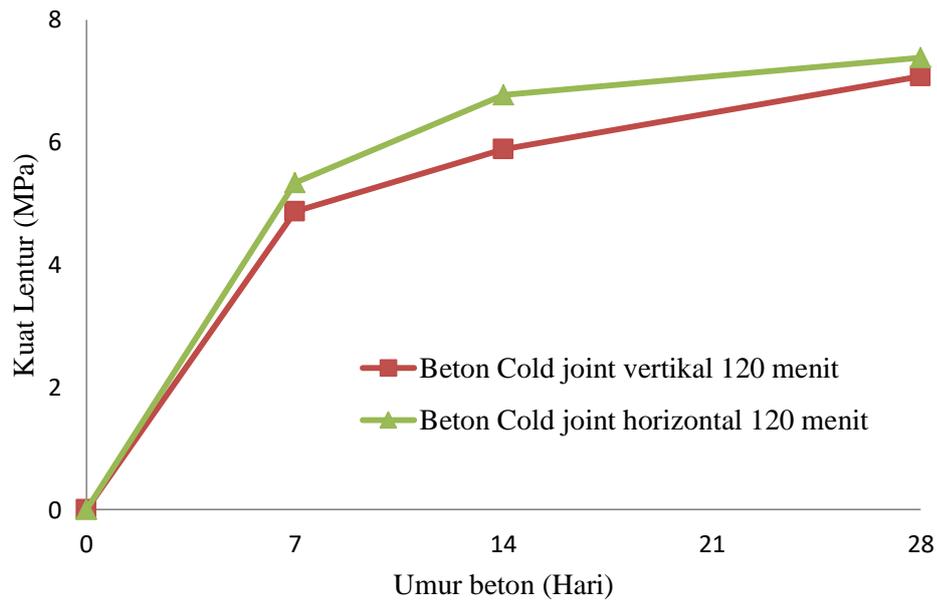
No. Benda Uji	Jeda Waktu Pengecoran (Menit)	Umur Benda Uji (Hari)	Beban Puncak (Kg)	Kuat Lentur (Mpa)	Kuat Lentur rata-rata (Mpa)
CDH 4.1.7	240	7	2096.5	4.57	5.39
CDH 4.2.7		7	2851.85	6.22	
CDH 4.1.14		14	2849.33	6.21	6.01
CDH 4.2.14		14	2662.13	5.8	
CDH 4.1.28		28	3405.39	7.42	6.94
CDH 4.2.28		28	2963.97	6.46	

Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur beton yang dilakukan pada umur beton 7, 14, dan 28 hari menunjukkan hubungan antara kuat lentur dan umur beton dimana semakin bertambahnya umur beton maka kuat lenturnya pun semakin meningkat. Hasil analisis data tersebut ditampilkan pada Gambar 4.2.

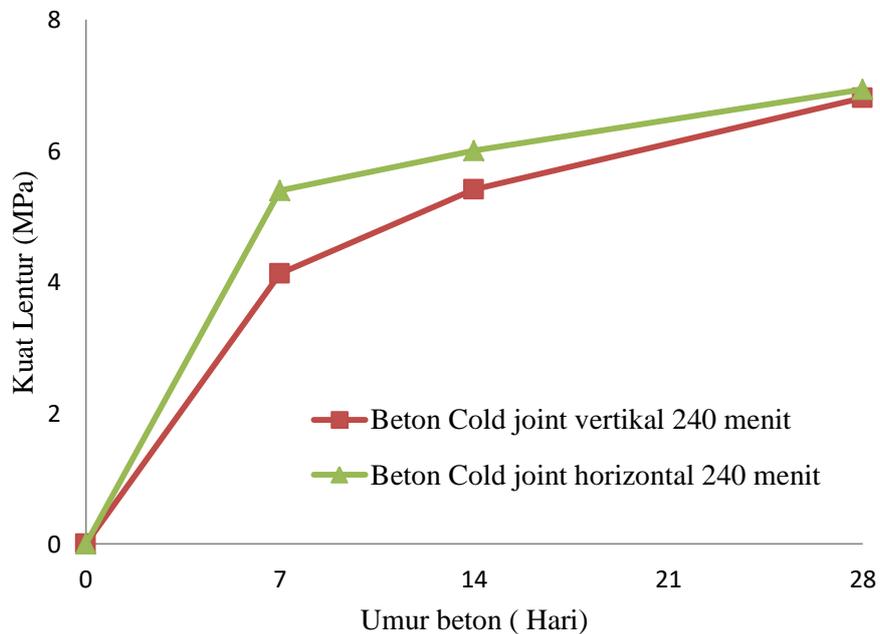


Gambar 4. 2 Hubungan kuat lentur dan umur beton pada beton *cold joint* tanpa tambahan serat *polypropylene*

Berdasarkan hasil analisis data hubungan kuat lentur dan umur beton pada jeda waktu pengecoran 120 menit pada beton *cold joint* arah vertikal dan horizontal mengalami kenaikan dimana masing-masing kuat lentur rata-rata sebesar 5,94 MPa dan 6,49 Mpa. Hasil ini menunjukkan bahwa beton *cold joint* horizontal lebih kuat dibandingkan dengan beton *cold joint* arah vertikal. Grafik hubungan kuat lentur dan umur beton pada jeda waktu pengecoran 120 menit dapat dilihat pada Gambar 4.3. Hal tersebut juga memiliki kesamaan pada jeda waktu pengecoran 240 menit dimana hasil analisis menunjukkan beton *cold joint* arah vertikal dan horizontal mengalami kenaikan dimana masing-masing kuat lentur rata-rata sebesar 5,45 MPa dan 6,11 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa beton *cold joint* arah horizontal lebih kuat dibandingkan beton *cold joint* arah vertikal. Grafik hubungan kuat lentur dan umur beton pada jeda waktu pengecoran 240 menit dapat dilihat pada Gambar 4.4.



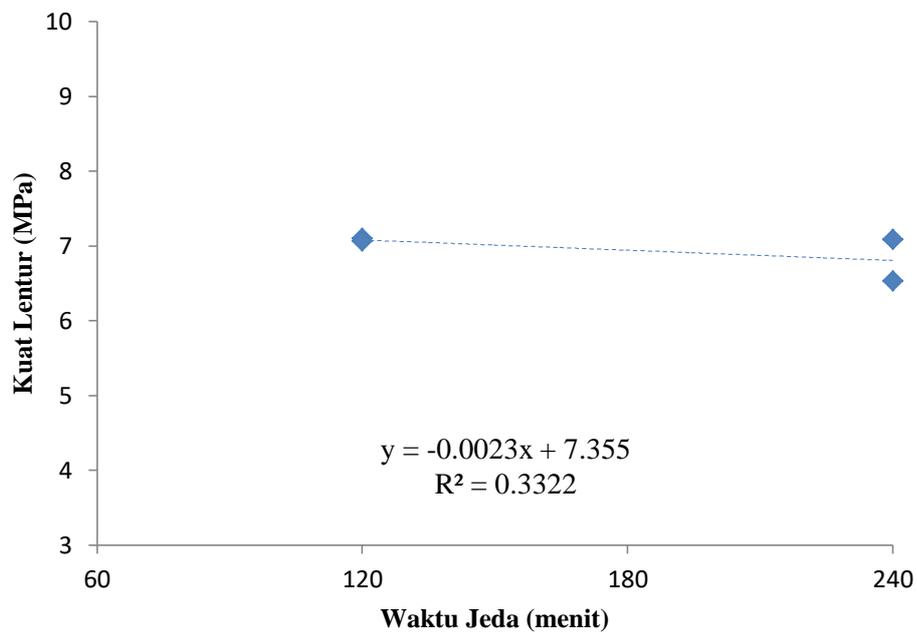
Gambar 4. 3 Hubungan kuat lentur dan umur beton pada jeda waktu pengecoran 120 menit



Gambar 4. 4 Hubungan kuat lentur dan umur beton pada jeda waktu pengecoran 240 menit

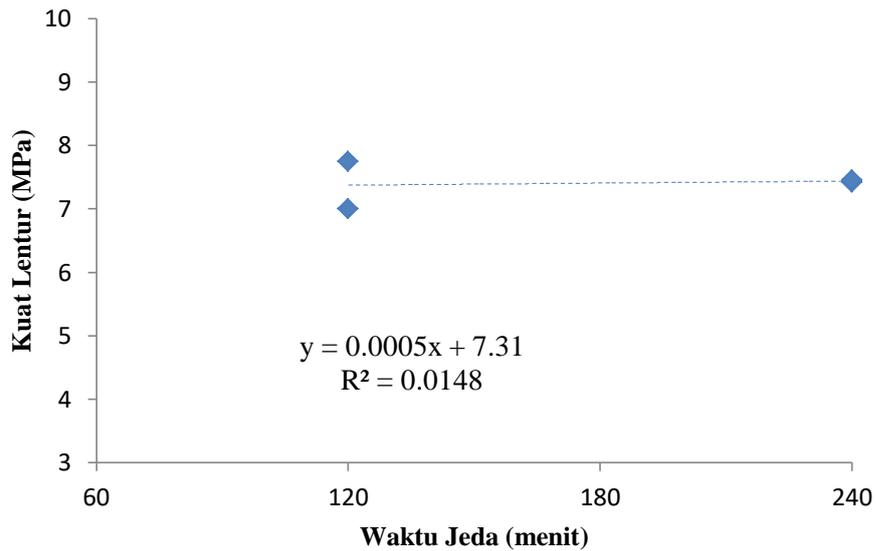
Berdasarkan hubungan kuat lentur dan waktu jeda pengecoran pada beton arah vertikal umur 28 hari diperoleh analisis regresi dengan persamaan $y = -0.0023x + 7.355$ dan nilai $R^2 = 0,3322$ yang dapat dilihat pada gambar 4.5, dari

persamaan tersebut didapatkan hasil bahwa setiap meningkatnya waktu jeda pengecoran maka kuat lentur beton cold joint arah vertical juga mengalami penurunan nilai kuat lenturnya. Berdasarkan persamaan resgresi tersebut diperoleh nilai kuat lentur pada jeda waktu pengecoran 240 menit sebesar 6,80 MPa dan pada jeda waktu pengecoran 120 menit sebesar 7,10 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin lama jeda waktu pengecoran maka nilai kuat lentur beton semakin berkurang.



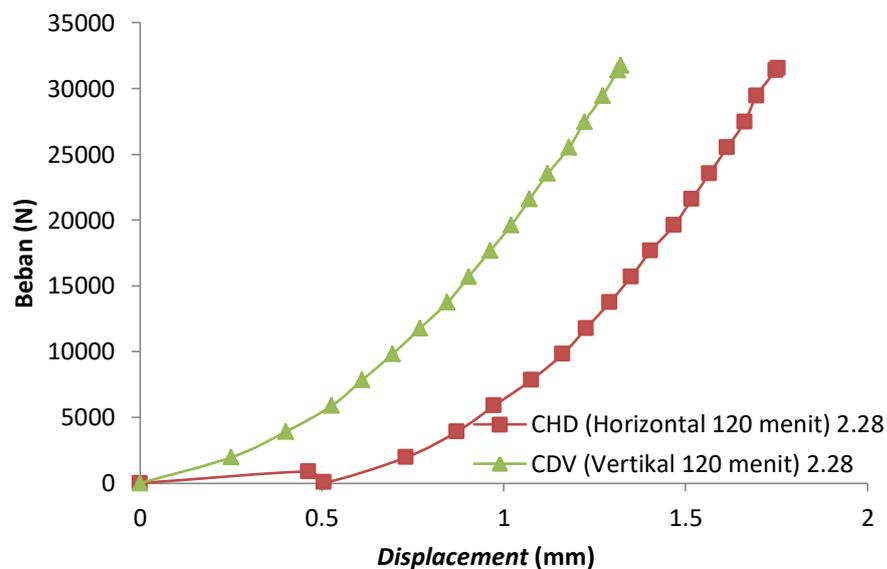
Gambar 4. 5 Hubungan kuat lentur dan waktu jeda pengecoran pada beton *cold joint* arah vertikal umur 28 hari

Berdasarkan hubungan kuat lentur dan waktu jeda pengecoran pada beton arah horizontal umur 28 hari diperoleh analisis regresi dengan persamaan $y = 0.0005x + 7.31$ dan nilai $R^2 = 0,0148$ yang dapat dilihat pada gambar 4.6, dari persamaan tersebut didapatkan hasil bahwa setiap meningkatnya waktu jeda pengecoran maka kuat lentur beton cold joint arah horizontal juga mengalami kenaikan nilai kuat lenturnya. Berdasarkan persamaan resgresi tersebut diperoleh nilai kuat lentur pada jeda waktu pengecoran 240 menit sebesar 8,51 MPa dan pada jeda waktu pengecoran 120 menit sebesar 7,91 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin lama jeda waktu pengecoran maka nilai kuat lentur beton semakin meningkat.



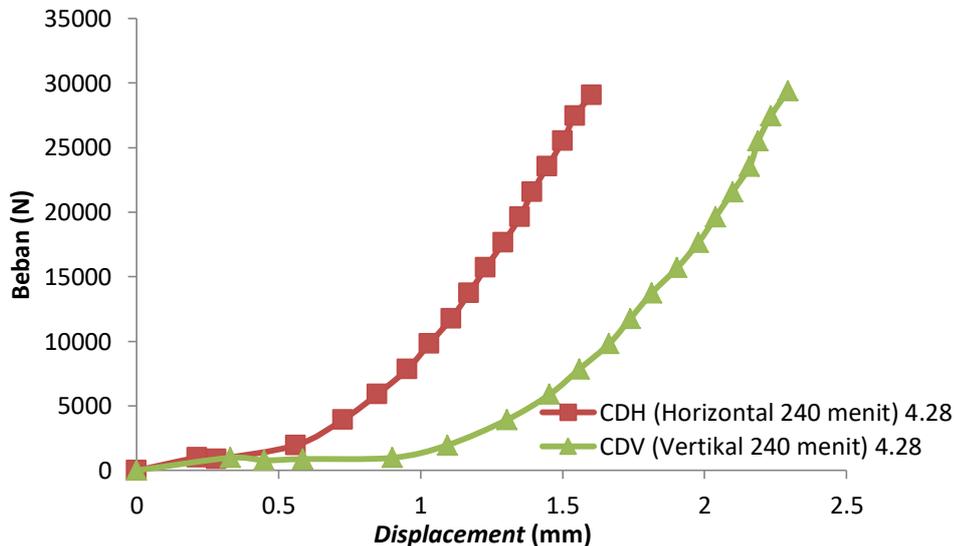
Gambar 4. 6 Hubungan kuat lentur dan waktu jeda pengecoran pada beton *cold joint* arah horizontal umur 28 hari

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil analisis hubungan antara beban dan *displacement* beton *cold joint* dengan arah vertikal dan horizontal waktu jeda 120 menit seperti pada Gambar 4.7 menunjukkan beton *cold joint* arah horizontal memiliki *displacement* yang lebih tinggi yaitu 1,754 mm dibandingkan dengan beton *cold joint* arah vertikal yaitu dengan nilai *displacement* sebesar 1,322 mm.



Gambar 4. 7 Hubungan beban dan *displacement* beton *cold joint* tanpa tambahan serat *polypropylene* waktu jeda 120 menit pada umur 28 hari

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil analisis hubungan antara beban dan *displacement* pada beton cold joint arah horizontal dan beton cold joint arah vertikal dengan jeda waktu jeda pengecoran 240 menit seperti pada Gambar 4.8 menunjukkan beton cold joint arah vertikal memiliki nilai *displacement* yang lebih besar yaitu dengan nilai *displacement* 2.294 mm dibandingkan dengan beton cold joint arah horizontal yaitu sebesar 1,602 mm.



Gambar 4. 8 Hubungan beban dan *displacement* beton cold joint tanpa tambahan serat *polypropylene* waktu jeda 240 menit pada umur 28 hari

4.4.2. Beton cold joint dengan Tambahan Serat *Polyprphylene*

Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur beton cold joint dengan tambahan serat *polypropyle* dengan menggunakan sample benda uji CPV (beton cold joint dengan tambahan serat arah vertikal 120 menit) dan CPH (beton cold joint dengan tambahan serat arah horizontal 120 menit) arah vertikal dengan jeda waktu pengecoran 120 menit maka didapatkan hasil kuat lentur rata-rata pada beton umur 7 hari sebesar 4,66 Mpa, beton umur 14 hari sebesar 5,71 Mpa, dan beton umur 28 hari sebesar 6,72 Mpa. Sedangkan hasil pengujian cold joint arah horizontal (melintang sumbu tekan) dengan jeda waktu pengecoran yang sama maka didapatkan hasil kuat lentur rata-rata pada beton umur 7 hari sebesar 5,46 Mpa, beton umur 14 hari sebesar 6,50 Mpa, dan beton umur 28 hari sebesar 7,22 Mpa. Data hasil pengujian kuat lentur horizontal dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan arah vertikal pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 7 Hasil pengujian kuat lentur beton *cold joint* dengan tambahan serat *polypropylene* arah vertikal pada jeda waktu pengecoran 120 menit

No. Benda Uji	Jeda Waktu Pengecoran (Menit)	Umur Benda Uji (Hari)	Beban Puncak (Kg)	Kuat Lentur (Mpa)	Kuat Lentur rata-rata (Mpa)
CPV.1	120	7	2203.83	4.8	4.66
CPV.2		7	2075.84	4.52	
CPV.3		14	2631.65	5.74	5.71
CPV.4		14	2609.22	5.68	
CPV.5		28	3044.09	6.64	6.72
CPV.6		28	3122.2	6.81	

Tabel 4. 8 Hasil pengujian kuat lentur beton *cold joint* dengan tambahan serat *polypropylene* arah horizontal pada jeda waktu pengecoran 120 menit

No. Benda Uji	Jeda Waktu Pengecoran (Menit)	Umur Benda Uji (Hari)	Beban Puncak (Kg)	Kuat Lentur (Mpa)	Kuat Lentur rata-rata (Mpa)
CPH.1	120	7	3107.58	6.77	5.46
CPH.2		7	1899.98	4.14	
CPH.3		14	3410.98	7.43	6.5
CPH.4		14	2547.24	5.55	
CPH.5		28	3779.29	8.24	7.22
CPH.6		28	2842.78	6.2	

Berdasarkan pengujian kuat lentur yang dilakukan pada beton *cold joint* dengan tambahan serat *polypropylene* dengan menggunakan sample benda uji CVP (beton *cold joint* dengan tambahan serat arah vertikal 240 menit) dan CHP (beton *cold joint* dengan tambahan serat arah horizontal 240 menit) arah vertikal (searah sumbu tekan) dengan jeda waktu pengecoran 240 menit maka didapatkan hasil kuat lentur rata-rata beton umur 7 hari sebesar 4,37 Mpa, beton umur 14 hari sebesar 4,86 Mpa, dan beton umur 28 hari sebesar 4,92 Mpa. Sedangkan pada beton *cold joint* arah horizontal (melintang sumbu tekan) dengan jeda waktu pengecoran 240 menit didapatkan hasil kuat lentur rata-rata beton umur 7 hari sebesar 5,33 Mpa, beton umur 14 hari sebesar 5,41 Mpa, dan beton umur 28 hari sebesar 5,84 Mpa. Data hasil pengujian kuat lentur beton *cold joint* arah vertikal (searah sumbu tekan) dengan jeda waktu pengecoran 240 menit dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan data pengujian kuat lentur beton *cold joint* arah horizontal

(melintang sumbu tekan) dengan jeda waktu 240 menit dapat dilihat pada Tabel 4.10.

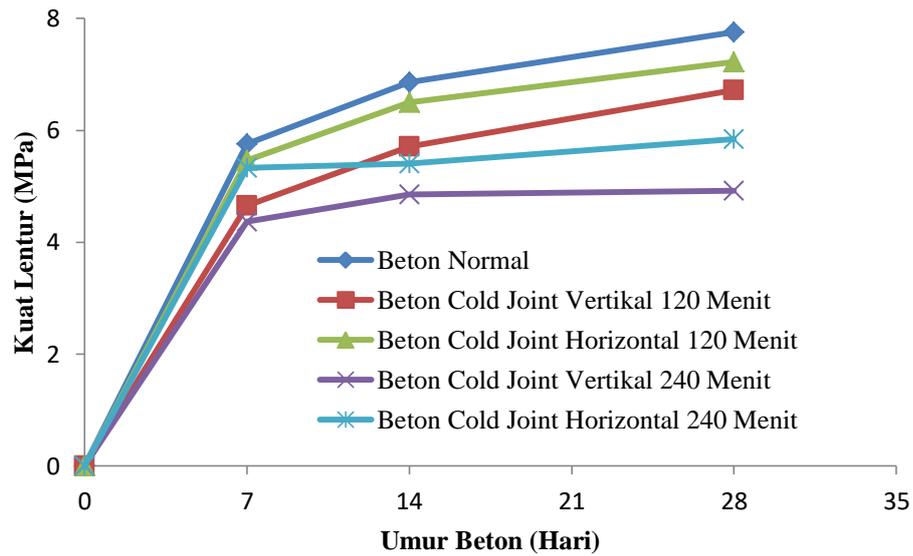
Tabel 4. 9 Hasil pengujian kuat lentur beton *cold joint* dengan tambahan serat *polypropylene* arah vertikal pada jeda waktu pengecoran 240 menit

No. Benda Uji	Jeda Waktu Pengecoran (Menit)	Umur Benda Uji (Hari)	Beban Puncak (Kg)	Kuat Lentur (Mpa)	Kuat Lentur rata-rata (Mpa)
CVP.1	240	7	1708.24	3.72	4.37
CVP.2		7	2304.61	5.02	
CVP.3		14	2476.95	5.4	4.86
CVP.4		14	2227.51	4.32	
CPV.5		28	1862.69	4.06	4.92
CVP.6		28	2656.34	5.79	

Tabel 4. 10 Hasil pengujian kuat lentur beton *cold joint* dengan tambahan serat *polypropylene* arah horizontal pada jeda waktu pengecoran 240 menit

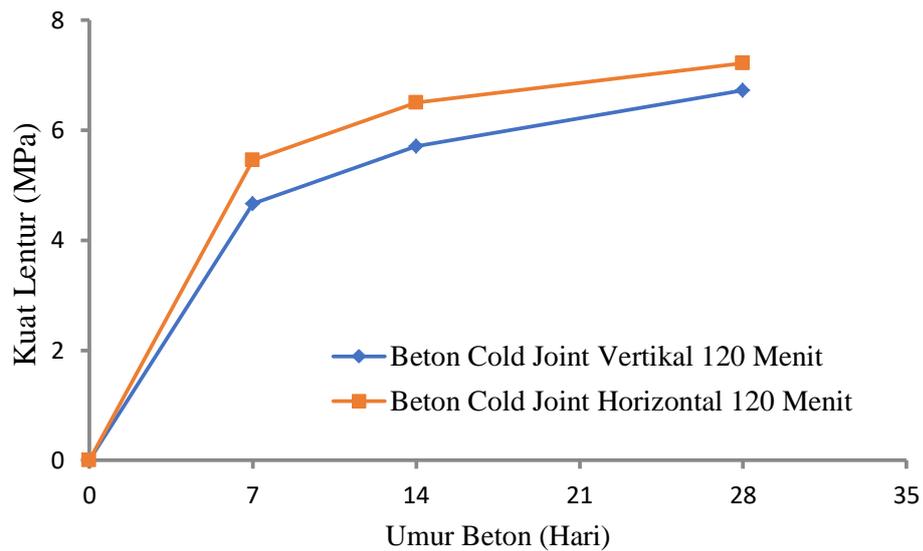
No. Benda Uji	Jeda Waktu Pengecoran (Menit)	Umur Benda Uji (Hari)	Beban Puncak (Kg)	Kuat Lentur (Mpa)	Kuat Lentur rata-rata (Mpa)
CHP.1	240	7	2514.24	5.48	5.33
CHP.2		7	2378.98	5.18	
CHP.3		14	2548.25	5.55	5.41
CHP.4		14	2417.74	5.27	
CHP.5		28	2781.05	6.06	5.84
CHP.6		28	2579.24	5.62	

Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur beton yang dilakukan pada umur beton 7, 14, dan 28 hari menunjukkan hubungan antara kuat lentur dan umur beton dimana semakin bertambahnya umur beton maka kuat lenturnya pun semakin meningkat. Hasil analisis data tersebut ditampilkan pada Gambar 4.9.

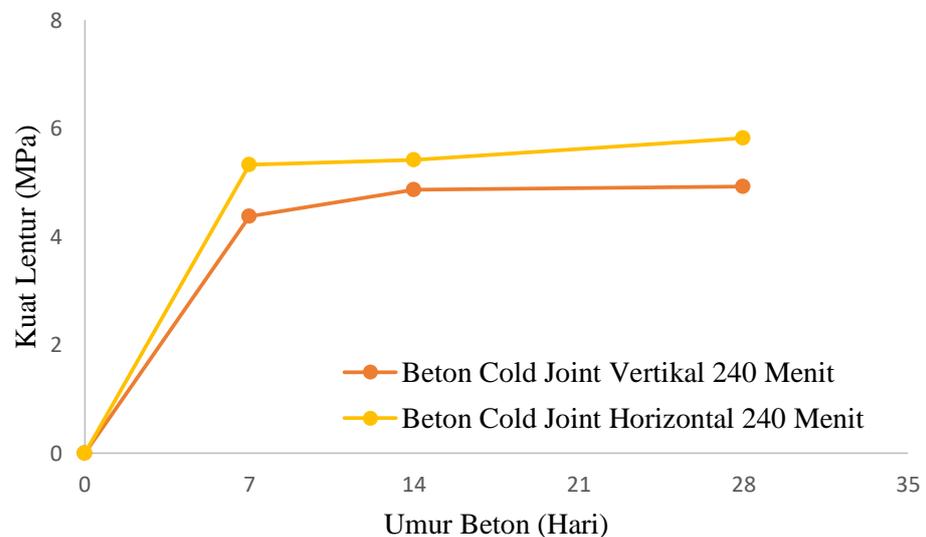


Gambar 4. 9 Hubungan kuat tekan dan umur beton pada beton *cold joint* dengan tambahan serat *polypropylene*

Berdasarkan hasil analisis data hubungan kuat lentur dan umur beton pada jeda waktu pengecoran 120 menit pada beton *cold joint* arah vertikal dan horizontal mengalami kenaikan dimana masing-masing kuat lentur rata-rata sebesar 4,72 MPa dan 5,53 Mpa. Hasil ini menunjukkan bahwa beton *cold joint* horizontal lebih kuat dibandingkan dengan beton *cold joint* arah vertikal. Grafik hubungan kuat lentur dan umur beton pada jeda waktu pengecoran 120 menit dapat dilihat pada Gambar 4.10. Hal tersebut juga memiliki kesamaan pada jeda waktu pengecoran 240 menit dimana hasil analisis menunjukkan beton *cold joint* arah vertikal dan horizontal mengalami kenaikan dimana masing-masing kuat lentur rata-rata sebesar 5,69 MPa dan 6,39 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa beton *cold joint* arah horizontal lebih kuat dibandingkan beton *cold joint* arah vertikal. Grafik hubungan kuat lentur dan umur beton pada jeda waktu pengecoran 240 menit dapat dilihat pada Gambar 4.11.



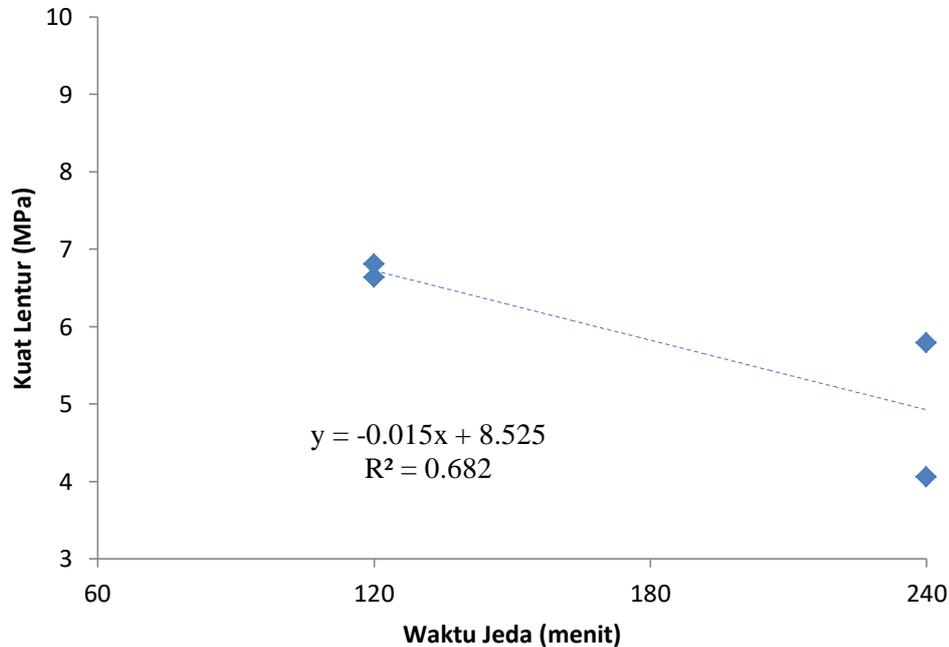
Gambar 4. 10 Hubungan kuat lentur dan umur beton pada jeda waktu pengecoran 120 menit



Gambar 4. 11 Hubungan kuat lentur dan umur beton pada jeda waktu pengecoran 240 menit

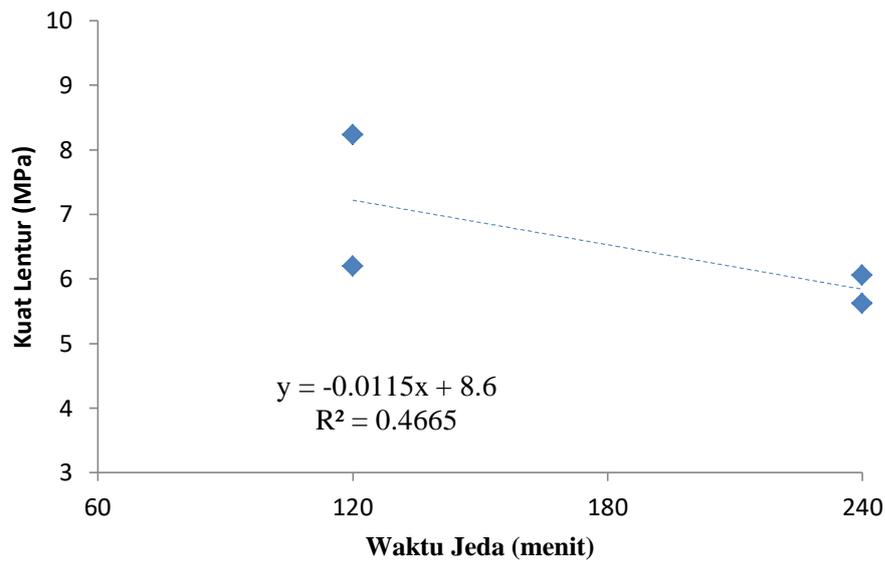
Berdasarkan hubungan kuat lentur dan waktu jeda pengecoran pada beton arah vertical umur 28 hari diperoleh analisis regresi dengan persamaan $y = -0.015x + 8.525$ dan nilai $R^2 = 0,682$ yang dapat dilihat pada gambar 4.12, dari persamaan tersebut didapatkan hasil bahwa setiap meningkatnya waktu jeda pengecoran maka kuat lentur beton cold joint arah vertical juga mengalami penurunan nilai kuat lenturnya. Berdasarkan persamaan regresi tersebut diperoleh

nilai kuat lentur pada jeda waktu pengecoran 240 menit sebesar 4,93 MPa dan pada jeda waktu pengecoran 120 menit sebesar 6,73 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin lama jeda waktu pengecoran maka nilai kuat lentur beton semakin berkurang.



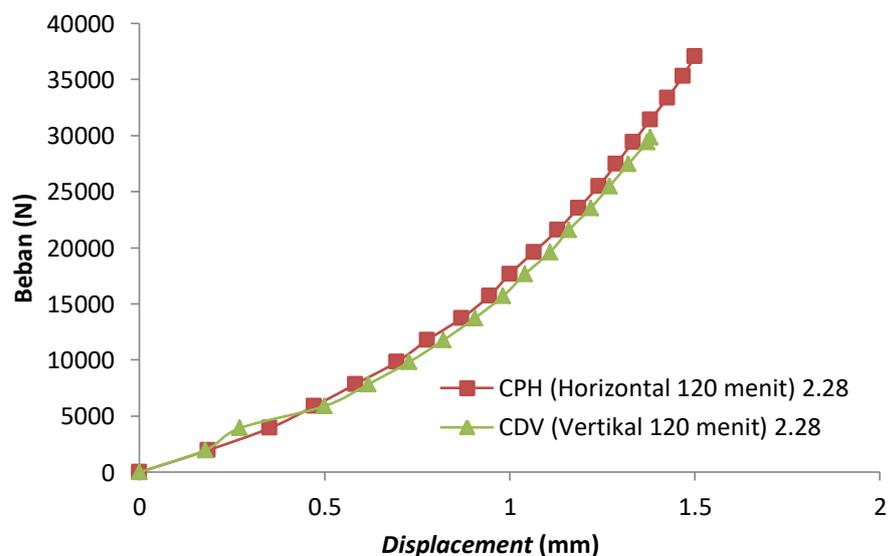
Gambar 4. 12 Hubungan kuat lentur dan waktu jeda pengecoran pada beton *cold joint* arah vertikal umur 28 hari

Berdasarkan hubungan kuat lentur dan waktu jeda pengecoran pada beton arah horizontal umur 28 hari diperoleh analisis regresi dengan persamaan $y = -0.0115x + 8.6$ dan nilai $R^2 = 0,4665$ yang dapat dilihat pada gambar 4.13, dari persamaan tersebut didapatkan hasil bahwa setiap meningkatnya waktu jeda pengecoran maka kuat lentur beton cold joint arah horizontal juga mengalami penurunan nilai kuat lenturnya. Berdasarkan persamaan regresi tersebut diperoleh nilai kuat lentur pada jeda waktu pengecoran 240 menit sebesar 5,84 MPa dan pada jeda waktu pengecoran 120 menit sebesar 7,22 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin lama jeda waktu pengecoran maka nilai kuat lentur beton semakin berkurang.



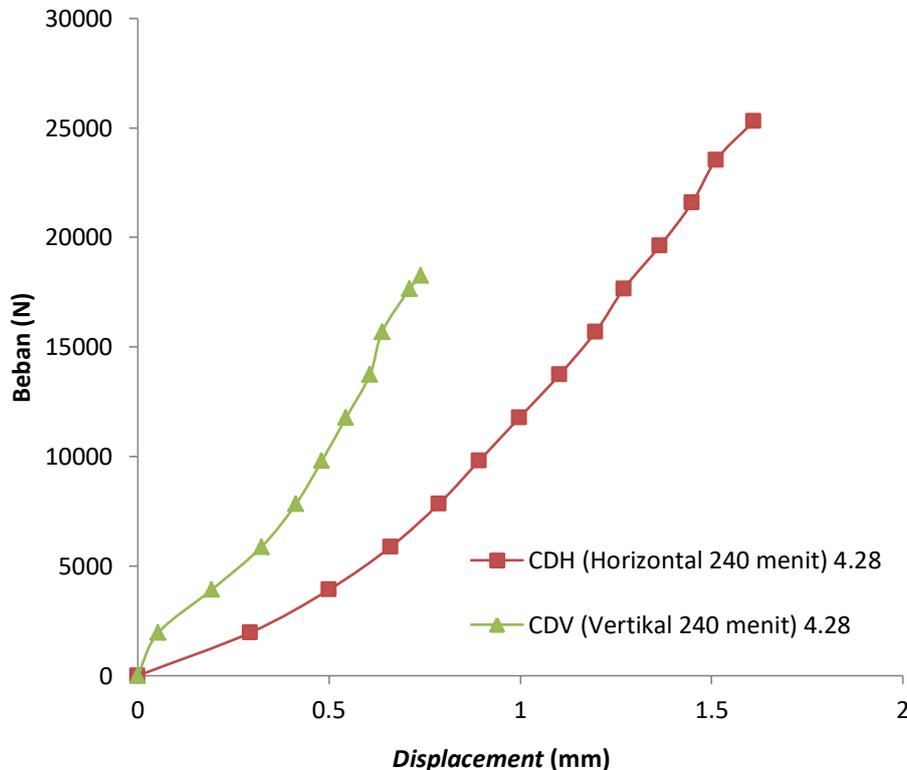
Gambar 4. 13 Hubungan kuat lentur dan waktu jeda pengecoran pada beton *cold joint* arah horizontal umur 28 hari

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil analisis hubungan antara beban dan *displacement* pada beton cold joint arah horizontal dan beton cold joint arah vertikal dengan jeda waktu jeda pengecoran 120 menit seperti pada Gambar 4.8 menunjukkan beton cold joint arah horizontal memiliki nilai *displacement* yang lebih besar yaitu dengan nilai *displacement* 1,510 mm dibandingkan dengan beton cold joint arah vertikal yaitu sebesar 1,380 mm.



Gambar 4. 14 Hubungan beban dan *displacement* beton cold joint dengan tambahan serat *polypropylene* waktu jeda 120 menit pada umur 28 hari

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil analisis hubungan antara beban dan *displacement* pada beton cold joint arah horizontal dan beton *cold joint* arah vertikal dengan jeda waktu jeda pengecoran 240 menit seperti pada Gambar 4.8 menunjukkan beton *cold joint* arah horizontal memiliki nilai *displacement* yang lebih besar yaitu dengan nilai *displacement* 1,616 mm dibandingkan dengan beton *cold joint* arah vertikal yaitu sebesar 0,740 mm.

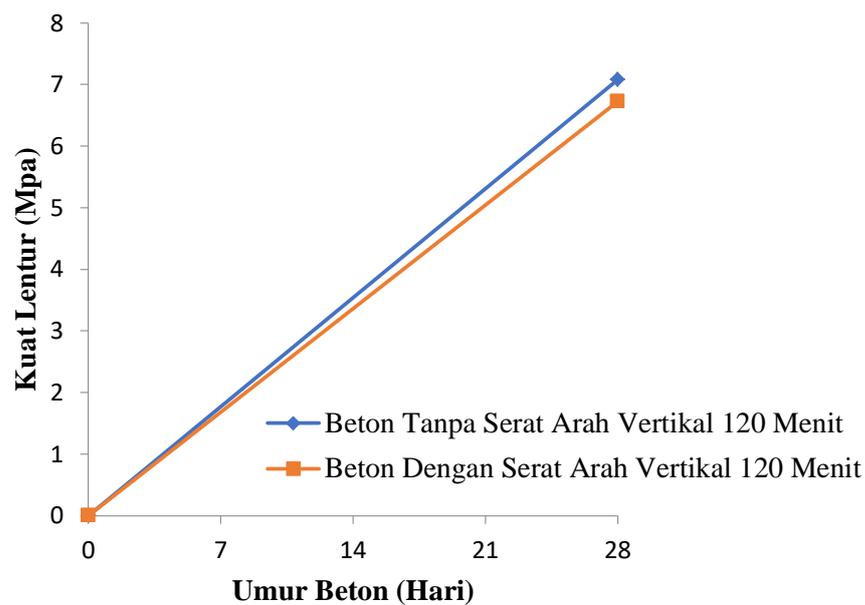


Gambar 4. 15 Hubungan beban dan *displacement* beton *cold joint* dengan tambahan serat *polypropylene* waktu jeda 120 menit pada umur 28 hari

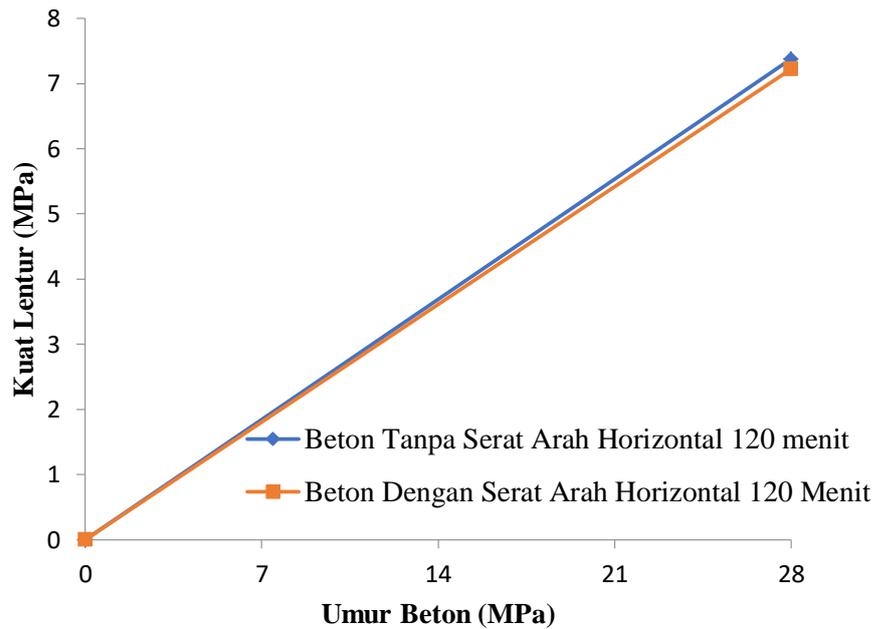
Berdasarkan hasil analisis data hubungan beban dan *displacement* dapat ditarik kesimpulan bahwa semua nilai *displacement* yang dihasilkan pada pengujian yang telah dilakukan memiliki rentan nilai yang tidak jauh berbeda berkisar antara 0,740 mm sampai dengan 1,616 mm. Nilai *displacement* yang relatif kecil dan tidak jauh berbeda pada setiap benda uji dikarenakan pengaruh dari benda uji yang digunakan tidak menggunakan tulangan sehingga beban yang diterima murni dipukul oleh balok tersebut.

4.5. Perbandingan Kuat Lentur Beton *Cold Joint* Dengan Tambahan Serat *Polypropylene* dan Tanpa Serat *Polypropylene*

Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan beton dengan tambahan serat *polypropylene* dan beton tanpa serat *polypropylene*. Penambahan serat *polypropylene* dapat meningkatkan nilai kuat lentur pada beton. Akan tetapi pada penelitian didapatkan hasil bahwa beton yang menggunakan serat *polypropylene* memiliki nilai kuat lentur lebih rendah dibandingkan dengan beton tanpa tambahan serat *polypropylene*. Hal ini dikarenakan dalam penambahan serat *polypropylene* pada beton diletakan dengan arah vertikal, dimana pengujian kuat lentur diuji dengan arah veritikal sehingga serat *polypropylene* tidak berpengaruh terhadap kuat lentur beton *cold joint* tersebut. Hasil perbandingan nilai kuat lentur beton *cold joint* tanpa tambahan serat dan beton *cold joint* dengan tambahan serat *polypropylene* dengan jeda waktu pengecoran 120 menit arah vertikal dapat dilihat pada Gambar 4.12 dan arah horizontal dapat dilihat pada Gambar 4.13. Dan perbandingan beton *cold joint* tanpa tambahan serat dan dengan tambahan serat *polypropylene* dengan jeda waktu 240 menit arah vertikal dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan arah horizontal dapat dilihat pada Gambar 4.15.

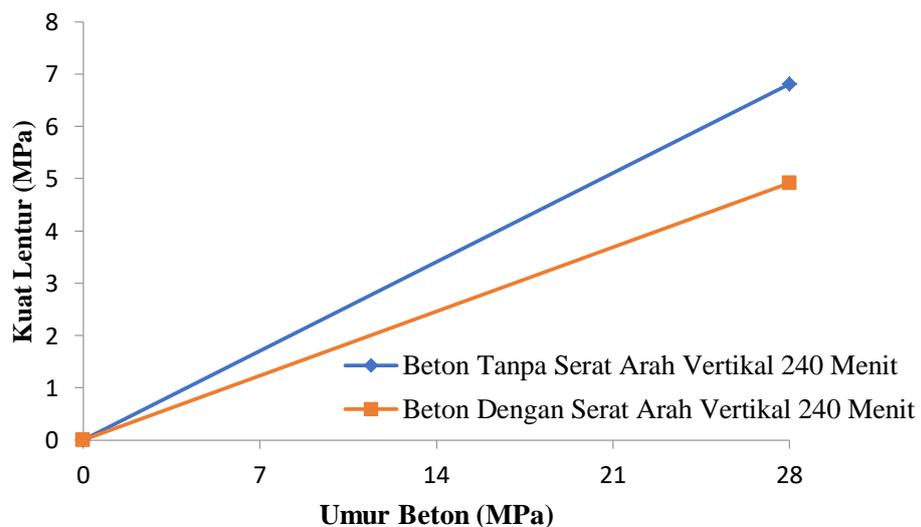


Gambar 4. 16 Perbandingan kuat lentur beton dan umur beton tanpa tambahan serat *polypropylene* dan beton dengan tambahan serat

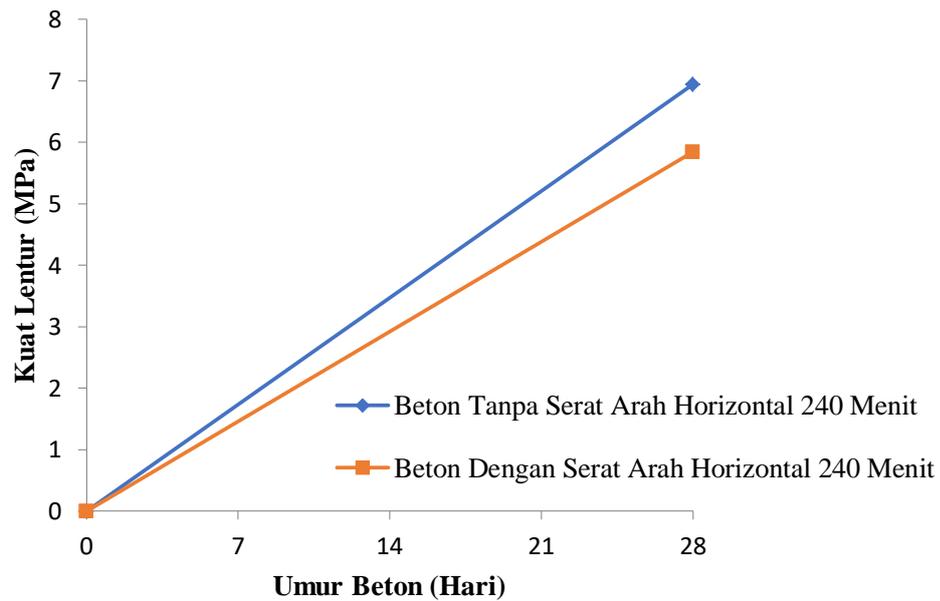


Gambar 4. 17 Perbandingan kuat lentur beton dan umur beton tanpa tambahan serat *polypropylene* dan beton dengan tambahan serat

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil bahwa beton *cold joint* arah vertikal dan horizontal yang tidak ditambahkan serat *polypropylene* memiliki nilai kuat lentur yang lebih besar dibandingkan dengan beton yang ditambahkan seart *polypropylene*.



Gambar 4. 18 Perbandingan kuat lentur beton dan umur beton tanpa tambahan serat *polypropylene* dan beton dengan tambahan serat



Gambar 4. 19 Perbandingan kuat lentur beton dan umur beton tanpa tambahan serat *polypropylene* dan beton dengan tambahan serat

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil bahwa beton *cold joint* arah vertikal dan horizontal yang tidak ditambahkan serat *polypropylene* memiliki nilai kuat lentur yang lebih besar dibandingkan dengan beton yang ditambahkan serat *polypropylene*.

4.6. Perbandingan Kondisi Fisik Benda Uji

Berdasarkan hasil dari pengujian kuat lentur yang telah dilakukan diketahui bahwa terdapat perubahan fisik terhadap beton sebelum dan sesudah dilakukan uji lentur yang dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 11 Perbandingan Kondisi Fisik Benda Uji

Benda Uji	Gambar Benda Uji	Keterangan
Beton <i>cold joint</i> arah vertikal 120 menit		Benda uji mengalami patah pada bagian tengah lurus
	(sebelum diuji)	
		
	(sesudah diuji)	

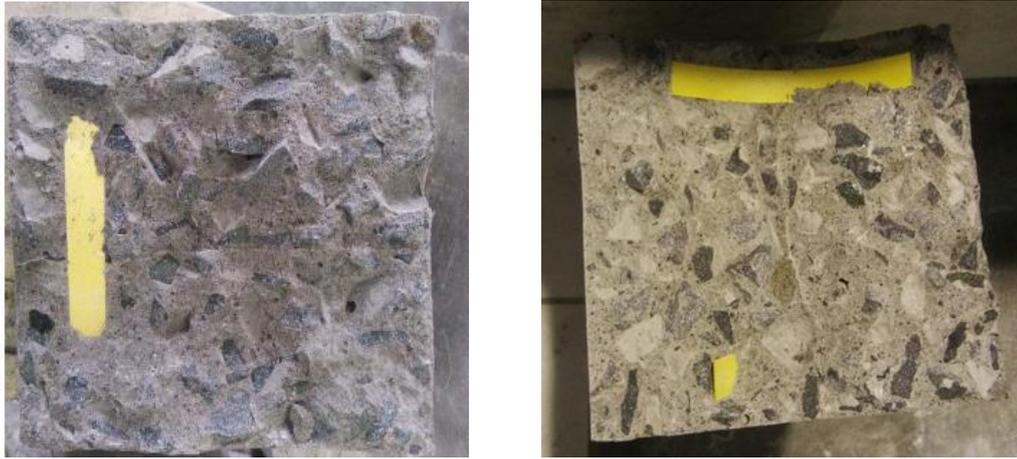
Tabel 4. 12 Perbandingan Kondisi Fisik Benda Uji (lanjutan)

Benda Uji	Gambar Benda Uji	Keterangan
Beton <i>cold joint</i> arah vertikal 240 menit	 (sebelum diuji)	Benda uji mengalami patah pada bagian tengah lurus
	 (sesudah diuji)	
Beton <i>cold joint</i> arah horizotal (120 menit)	 (sebelum diuji)	Benda uji mengalami patah pada bagian tengah menyerong
	 (sesudah diuji)	
Beton <i>cold joint</i> arah horizotal (240 menit)	 (sebelum diuji)	Benda uji mengalami patah pada bagian tengah lurus
	 (sesudah diuji)	
Beton <i>cold joint</i> menggunakan serat <i>polypropylene</i> arah vertikal 120 menit	 (sebelum diuji)	Benda uji mengalami patah pada bagian tengah lurus
	 (sesudah diuji)	

Tabel 4. 13 Perbandingan Kondisi Fisik Benda Uji (lanjutan)

Benda Uji	Gambar Benda Uji	Keterangan
Beton <i>cold joint</i> menggunakan serat <i>polypropylene</i> arah vertikal 240 menit	 (sebelum diuji)	Benda uji mengalami patah pada bagian agak kesamping kanan lurus
	 (sesudah diuji)	
Beton <i>cold joint</i> menggunakan serat <i>polypropylene</i> arah horizontal 120 menit	 (sebelum diuji)	Benda uji mengalami patah pada bagian tengah menyerong
	 (sesudah diuji)	
Beton <i>cold joint</i> menggunakan serat <i>polypropylene</i> arah horizontal 120 menit	 (sebelum diuji)	Benda uji mengalami patah pada bagian tengah menyerong
	 (sesudah diuji)	

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa beton yang ditambahkan serat *polypropylene* juga mengalami patah getas seperti yang terjadi pada beton *cold joint* tanpa tambahan serat dan tidak memiliki pengaruh terhadap kekuatan beton yang mengalami *cold joint*, hal ini dikarenakan pengaruh dari arah pemasangan serat yang dipasang dengan arah vertikal sehingga ketika dilakukan pengujian yang diuji searah vertikal juga serat tidak berpengaruh dan tidak dapat meningkatkan nilai kuat lentur balok beton yang mengalami *cold joint* seperti pada Gambar 4.20.



(a)

(b)

Gambar 4. 20 Serat *polypropylene* pada benda uji (a) arah vertikal (b) arah horizontal

4.7. Perbandingan Hasil Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Tabel 4. 14 Perbandingan Hasil Penelitian Terdahulu dan Sekarang (Cold Joint)

Penelitian	Judul	Waktu Jeda Pengecoran (menit)	Kuat Lentur (Mpa)	
			Beton <i>Cold Joint</i> Vertikal	Beton <i>Cold Joint</i> Horizontal
Terdahulu	<i>Effect of cold joint on strength of concrete</i> (Rathi dkk. 2013)	0	12,39	12,45
		45	12,45	13,1
		75	12,95	13,82
		120	10,23	10,95
		180	9,45	9,03

Tabel 4. 15 Perbandingan Hasil Penelitian Terdahulu Dan Sekarang (*Cold Joint*)(lanjutan)

Penelitian	Judul	Waktu Jeda Pengecoran (menit)	Kuat Lentur (Mpa)	
			Beton <i>Cold Joint</i> Vertikal	Beton <i>Cold Joint</i> Horizontal
Sekarang	Pengaruh Penambahan Serat <i>Polypropylene</i> Terhadap Kuat Lentur Pada Balok Beton Tanpa Tulangan Akibat Adanya <i>Cold Joint</i>	120	6,2	6,81
		240	5,79	5,62

Hasil perbandingan nilai kuat lentur terhadap lamanya waktu sambungan pengecoran yang dilakukan seperti pada Tabel 4.14 menunjukkan bahwa semakin lama jeda waktu pengecoran maka kuat lentur beton akan mengalami penurunan kekuatan baik pada beton *cold joint* arah vertikal maupun arah horizontal.

Tabel 4. 16 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang (Serat *Polypropylene*)

Penelitian	Judul	Jumlah Serat	Kuat Lentur
Terdahulu		5	5,38
	<i>Invertigation on mechanical properties and microstructure of high performance polypropylene fiber reinfoced lightweight aggregate concrete</i> (Li dkk. 2016)	7	5,89
		9	6,54
		11	6,23
		13	5,49
Sekarang	Pengaruh Penambahan Serat <i>Polypropylene</i> Terhadap Kuat Lentur Pada Balok Beton Tanpa Tulangan Akibat Adanya <i>Cold Joint</i>	10	6,81

Hasil perbandingan nilai kuat lentur terhadap banyaknya jumlah serat yang digunakan seperti pada Tabel 4.16 menunjukkan bahwa pada penelitian Li dkk. (2016) penambahan jumlah serat 5 hingga 9 mengalami kenaikan nilai kuat lentur sedangkan pada jumlah serat 11 dan 13 mengalami penurunan nilai kuat lentur. Sehingga dapat disimpulkan bahwa bertambahnya sebagian nilai kuat lentur tidak dipengaruhi oleh penambahan jumlah serat.

Tabel 4. 17 Perbandingan Hasil Penelitian Terdahulu Dan Sekarang (suhu °C)

Penelitian	Judul	Suhu (°C)	Waktu jeda pengecoran (menit)	Kuat lentur beton cold joint arah vertikal (Mpa)
Terdahulu	<i>Concrete cold joint formation in hot weather conditions</i> (Illangakoon dkk.)	25	0	4,25
			170	4,55
			210	4,40
			315	4,67
			350	4,44
			400	4,13
Sekarang	Pengaruh Penambahan Serat <i>Polypropylene</i> Terhadap Kuat Lentur Pada Balok Beton Tanpa Tulangan Akibat Adanya <i>Cold Joint</i>	32	120	6,81
			240	5,62

Berdasarkan hasil perbandingan penelitian diketahui bahwa suhu lingkungan merupakan salah satu factor yang dapat mempengaruhi nilai kuat lentur pada beton *cold joint*, seperti pada Tabel 4.17 yang menunjukkan bahwa pada penelitian Illangakoon dkk. (2019) dengan suhu lingkungan 25°C waktu ikat awal beton terjadi berkisar 315 menit sedangkan pada penelitian saat ini dengan suhu lingkungan sekitar 32°C waktu ikat awal beton yang didapat kurang dari 120 menit. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa semakin rendah suhu lingkungan maka waktu ikat awal pada beton *cold joint* dapat meningkat.