

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Material Penyusun Dinding

4.1.1 Bata Beton Bertulang

Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk mendapatkan nilai rata-rata kuat tekan (f_c') bata beton bertulang. Untuk memenuhi kebutuhan, campuran beton 1:2:2 bata penyusun dinding diproduksi secara bertahap setiap harinya. Dalam satu hari produksi menghasilkan 10 unit bata beton bertulang ukuran 1 bata dan 10 unit bata beton bertulang ukuran $\frac{1}{2}$ bata. Dua unit benda uji diproduksi sebagai parameter nilai kuat tekan bata beton bertulang. Dimensi benda uji menggunakan spesifikasi silinder diameter 8 cm dan tinggi 16 cm. Data kuat tekan beton disajikan dalam Tabel 4.1.1 untuk bata beton bertulang secara keseluruhan dalam waktu 24 hari produksi. Nilai kuat tekan setiap benda uji juga tertera dalam satuan kg/cm^2 . Pada hari ke-23 benda uji hanya diproduksi satu buah mengingat keterbatasan jumlah semen pada saat produksi.

Tabel 4.1.1 Kuat tekan beton penyusun bata beton bertulang

Bata	Silinder	P (kN)	Kuat Tekan (kg/cm^2)	Berat (kg)	Bata	Silinder	P (kN)	Kuat Tekan (kg/cm^2)	Berat (kg)
1	a	78	158.24	1.81	13	a	97	196.78	1.92
	b	50	101.43	1.58		b	92	186.64	1.7
2	a	58	117.66	1.68	14	a	96	194.75	1.88
	b	100	202.87	1.88		b	92	186.64	1.66
3	a	35	71.00	1.56	15	a	141	286.04	1.92
	b	40	81.15	1.76		b	123	249.53	1.7
4	a	97	196.78	1.92	16	a	82	166.35	1.92
	b	87	176.49	1.68		b	73	148.09	1.68
5	a	101	204.89	1.74	17	a	116	235.32	1.7
	b	154	312.41	1.92		b	107	217.07	1.9
6	a	106	215.04	1.72	18	a	91	184.61	1.74
	b	115	233.30	1.9		b	87	176.49	1.94
7	a	142	288.07	1.96	19	a	88	178.52	1.68
	b	115	233.30	1.76		b	107	217.07	1.86
8	a	127	257.64	1.92	20	a	68	137.95	1.7
	b	127	257.64	1.72		b	69	139.98	1.9
9	a	140	284.01	1.94	21	a	68	137.95	1.84
	b	121	245.47	1.72		b	66	133.89	1.64
10	a	123	249.53	1.88	22	a	68	137.95	1.86
	b	135	273.87	1.68		b	58	117.66	1.66
11	a	157	318.50	1.9	23	a	134	271.84	1.88
	b	113	229.24	1.7					
12	a	89	180.55	1.88	24	a	96	194.75	1.86
	b	96	194.75	1.7		b	81	164.32	1.68

Sumber: Hasil analisis



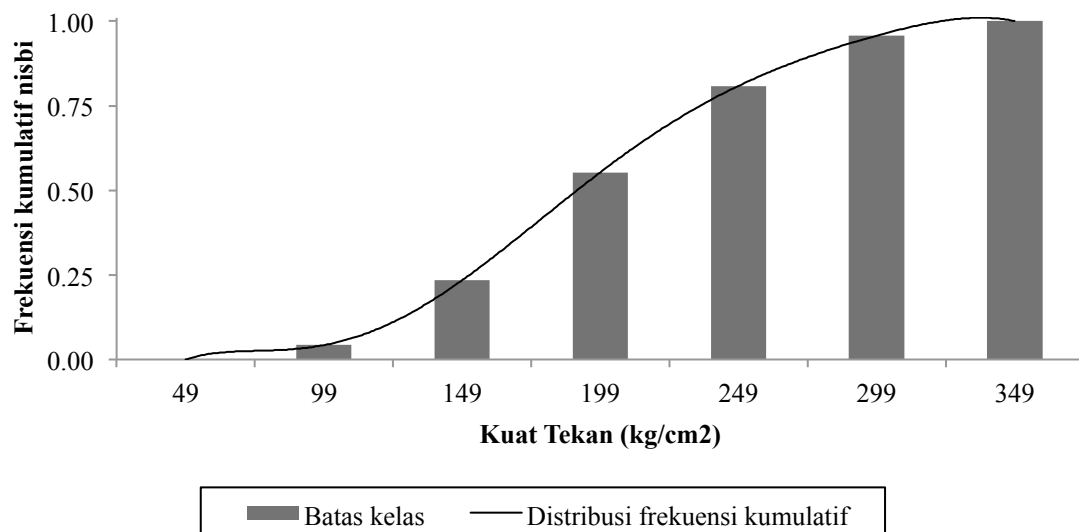
Gambar 4.1.1 Uji tekan beton penyusun bata beton bertulang
(Sumber: Hasil eksperimen)

Bata beton dengan kualitas rendah ditunjukkan melalui pengamatan kondisi bata yang rapuh dan tidak terbentuk secara sempurna. Seleksi bata beton bertulang dilakukan guna mendapatkan bata dengan kualitas yang baik. Produksi bata pada hari ketiga menunjukkan nilai kuat tekan 71 kg/cm^2 merupakan contoh bata beton bertulang yang memiliki kualitas rendah. Pengujian kuat tekan bata menunjukkan bahwa nilai tertinggi yang dapat dicapai dari produksi bata adalah 318.50 kg/cm^2 . Kemajemukan nilai kuat tekan beton memerlukan analisis untuk mendapatkan nilai kuat tekan (f_c') aktual sebagai acuan untuk menganalisis dinding bercelah pasangan bata beton bertulang lebih lanjut. Nilai kuat tekan bata beton aktual diperoleh dari uji statistik rata-rata didapatkan 194.8 kg/cm^2 .

Untuk menentukan bentuk umum fungsi padat maka dilakukan pemeriksaan data digambarkan pada Gambar 4.1.3. Histogram frekuensi nisbi menggambarkan distribusi kumulatif kuat tekan beton secara geometri. Pada Gambar 4.1.3 menunjukkan persentil kedua puluh lima atau kuartil pertama dan desil kedelapan, masing-masing berada pada nilai mendekati 150 kg/cm^2 dan 250 kg/cm^2 . Ini berarti bahwa 25% atau seperempat dari semua bata beton bertulang pada dinding bercelah ditaksir tidak mampu mencapai kuat tekan 150 kg/cm^2 , sedangkan 80% diharapkan mampu mencapai kuat tekan 250 kg/cm^2 . (Wapole & Myers, 1995)



Gambar 4.1.2 Sisa benda uji tekan beton penyusun bata beton bertulang
(Sumber: Hasil eksperimen)



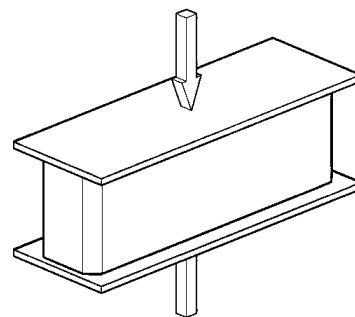
Gambar 4.1.3 Distribusi kumulatif kontinu kuat tekan beton
(Sumber: Hasil eksperimen)

Dari semua bata beton bertulang yang digunakan pada dinding bercelah pasangan bata beton bertulang, 7 unit digunakan untuk menentukan sifat fisik. Pengujian dilakukan berdasarkan standar umum dengan spesifikasi dari *American Society for Testing and Materials*. Kekuatan bata beton bertulang untuk menahan gaya tekan ditunjukkan dengan nilai kuat tekan bata beton bertulang melalui pengujian kuat tekan. Data dari pengujian tekan ditunjukkan pada Tabel 4.1.2, rata-rata nilai kuat tekan bata beton bertulang dari 7 unit bata beton bertulang didapati sebesar 129 kg/cm². Data pengujian berupa gaya (kN) maksimum yang dapat di tahan oleh unit bata sampai dengan kondisi hancur. Luas bidang tekan adalah luas kotor (*gross area*) bagian bata yang mengalami tegangan, juga termasuk lubang bata beton bertulang. Sesuai dengan dimensi bata beton yang di uji maka luasan yang dimaksud adalah 150 cm².

Tabel 4.1.2 Kuat tekan bata beton bertulang

No.	Dimensi (mm)	Berat (kg)	Kuat tekan (kg/cm ²)
1	6 x 8.1 x 25	2.10	143
2	6 x 8.2 x 25	2.10	95
3	6 x 8.2 x 25	2.22	165
4	6 x 8.2 x 25	2.18	152
5	6 x 8.3 x 25	2.20	123
6	6 x 8.1 x 25	2.16	111
7	6 x 8.4 x 25	2.15	114

Sumber: Hasil analisis



Gambar 4.1.4 Uji tekan bata beton bertulang
(Sumber: Hasil eksperimen)

Kekuatan bata beton dalam menahan beban lentur diperoleh melalui pengujian lentur bata beton secara terpisah. Unit bata beton bertulang diletakkan pada tumpuan sendi-roll dengan pembebanan terpusat di tengah bentang bata beton bertulang. Pembacaan lendutan dilakukan sampai dengan pada saat beban puncak tercapai dan keruntuhan total.

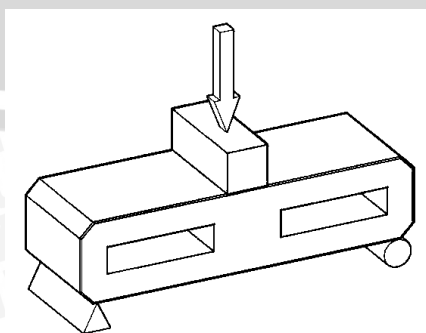
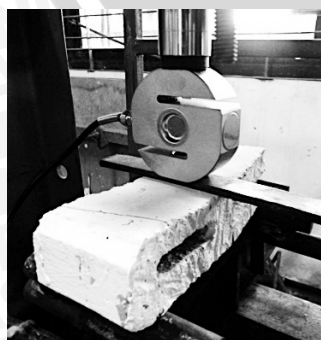
Tabel 4.1.3 Kuat lentur bata beton bertulang arah tidur bata

No.	Dimensi (mm)	Kuat lentur	
		Retak pertama (kg)	Lentur utimit (kg)
1	6 x 8.2 x 25	306	484
2	6 x 8.1 x 25	200	385
3	6 x 8.4 x 25	260	364

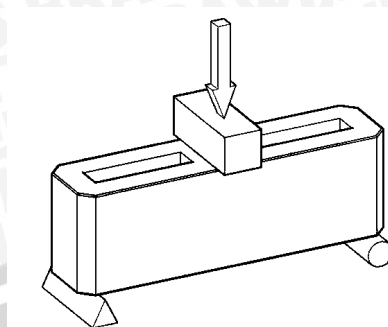
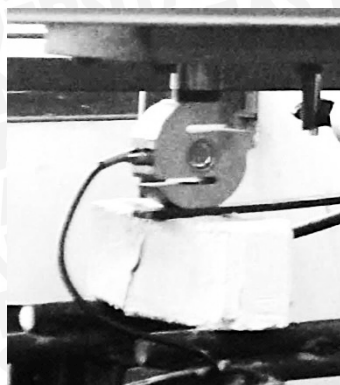
Sumber: Hasil analisis

Data pengujian kuat lentur unit bata beton bertulang dengan pembebanan arah tidur bata ditunjukkan pada Tabel 4.1.3, rata-rata nilai kuat lentur diambil dari pembacaan unit bata beton bertulang. Dari 3 unit pengujian dengan perilaku yang sama didapatkan rata-rata beban retak adalah 255.33 kg dan beban ultimit adalah 411 kg. Dari beban ultimit didapatkan pula kuat lentur adalah 32.82 kg/cm^2 .

Data pengujian kuat lentur unit bata beton bertulang dengan pembebanan arah berdiri bata ditunjukkan pada Tabel 4.1.4, rata-rata nilai kuat lentur diambil dari pembacaan unit bata beton bertulang. Dari 3 unit pengujian dengan perilaku yang sama didapatkan beban lentur untuk mencapai retak pertama adalah 653.33 kg dan lentur ultimit adalah 1536 kg.



Gambar 4.1.5 Uji lentur arah tidur bata beton bertulang
(Sumber: Hasil eksperimen)



Gambar 4.1.6 Uji lentur arah berdiri bata beton bertulang
(Sumber: Hasil eksperimen)

Tabel 4.1.4 Kuat lentur bata beton bertulang arah berdiri

No	Dimensi (mm)	Retek pertama Kuat lentur (kg)	Lentur utimit Kuat lentur (kg)
1	6 x 8.2 x 25	730	1180
2	6 x 8.2 x 25	500	1760
3	6 x 8.3 x 25	730	1670

(Sumber: Hasil analisis)

4.1.2 Mortar

Pemeriksaan kuat tekan mortar dilakukan untuk mendapatkan nilai rata-rata kuat tekan (f_m) mortar penyusun dinding. Enam buah spesimen benda uji diproduksi untuk mendapatkan karakteristik dari nilai kuat tekan mortar pada dinding bercelah. Data disajikan dalam Tabel 4.1.5, kuat tekan diperoleh dari perhitunga rata-rata enam buah benda uji sebesar 249.49 kg/cm². Pemeriksaan cetakan mortar dilakukan untuk mendapatkan dimensi yang sesuai. Cetakan spesimen mortar berbentuk kubus tanpa penutup atas. Fabrikasi menghasilkan bentuk dengan dimensi spesimen mortar yang tertera pada Tabel 4.1.5, pengukuran dilakukan dengan menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0.1 mm. Diamati bahwa terdapat perbedaan tinggi benda uji mortar yang cukup relevan satu sama lain, sehingga dalam pengaturan pengujian tekan dilakukan dengan mengambil luas bersih mortar dengan dimensi yang konstan yaitu luasan 25 cm².



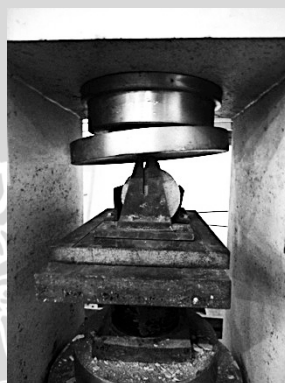
Gambar 4.1.7 Uji tekan mortar dan grouting
(Sumber: Hasil eksperimen)

Tabel 4.1.5 Kuat tekan mortar penyusun dinding

No	Dimensi (mm)	Berat (kg)	Kuat tekan (kg/cm ²)
1	5 x 5 x 5.1	271.8	301.84
2	5 x 5 x 5.1	267.6	269.21
3	5 x 5 x 5	270.4	150.92
4	5 x 5 x 5.1	272.2	167.23
5	5 x 5 x 5.1	270.4	277.36
6	5 x 5.2 x 5.1	276.2	330.39

(Sumber: Hasil analisis)

Pemeriksaan kuat tarik mortar dilakukan untuk mendapatkan nilai rata-rata kuat tarik (T) mortar penyusun dinding. Tiga buah benda uji kuat tarik belah diproduksi untuk mengetahui karakteristik nilai kuat tekan mortar pada dinding bercelah. Kuat tarik diperoleh dari analisis data rata-rata tiga buah benda uji silinder dengan dimensi aktual tertera pada Tabel 4.1.6, sehingga diperoleh rata-rata sebesar 13.73 kg/cm².



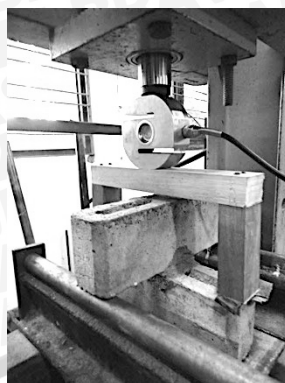
Gambar 4.7 Uji tarik belah mortar dan grouting
(Sumber: Hasil eksperimen)

Tabel 4.1.6 Kuat tarik mortar penyusun dinding

No	Dimensi diameter-panjang (mm)	Berat (g)	Kuat tekan (kg/cm ²)
1	8.3 - 16	1685.2	16.14
2	8.4 - 15.8	1715.6	12.23
3	8.56 - 16	1694.4	12.80

(Sumber: Hasil analisis)

Pemeriksaan kuat lekat mortar dengan bata beton dilakukan untuk mendapatkan nilai rata-rata kuat lekat (τ) mortar penyusun dinding. Tiga buah benda uji diproduksi untuk mengetahui karakteristik nilai kuat lekat mortar pada dinding bercelah. Kuat lekat karakteristik diperoleh dari analisis data rata-rata tiga buah benda uji dengan dimensi aktual tertera pada Tabel 4.1.7, sehingga diperoleh rata-rata sebesar 4.91 kg/cm². Gaya maksimum yang dibutuhkan untuk memisahkan bata beton diperoleh dari pembacaan *loadcell* ditambah dengan berat sendiri satu bata beton. Kuat lekat adalah gaya maksimum yang diperlukan untuk memisahkan bata beton dibagi dengan luasan mortar yang melekatkan dua bata beton.



Gambar 4.1.8 Uji kuat lekat mortar dengan bata beton
(Sumber: Hasil eksperimen)

Tabel 4.1.7 Kuat lekat mortar penyusun dinding dengan bata beton

No	Tebal lapisan mortar (mm)	Berat (kg)	Kuat lekat (kg/cm ²)
1	1.05	2.1	3.67
2	1.05	2.2	2.73
3	1	2.1	8.34

(Sumber: Hasil analisis)

4.1.3 Grouting

Grouting berperan sebagai perkuatan bata satu dengan yang lain dengan mengikat dan menyatukan pasangan dinding bata beton. Pengujian lentur pada dinding bercelah memerlukan karakteristik dari grouting pengikat bata. Enam buah benda uji dibuat dalam pengujian kuat tekan beton pada grouting untuk mendapatkan besar kuat tekan dengan data masing-masing spesimen tertera pada Tabel 4.1.8, rata-rata kuat tekan beton pada grouting diperoleh sebesar 251.53 kg/cm².

Tabel 4.1.8 Kuat tekan grouting penyusun dinding

No	Dimensi (mm)	Berat (g)	Kuat tekan (kg/cm ²)
1	5.1 x 4.95 x 5.05	270.6	252.89
2	5 x 5 x 5.05	269	281.44
3	4.95 x 5.05 x 4.9	263	265.13
4	5 x 5 x 5.5	270	236.57
5	5 x 4.9 x 5.2	263.6	256.97
6	5 x 5 x 5	264.6	216.18

(Sumber: Hasil analisis)

Pemeriksaan kuat tarik beton pada grouting dilakukan untuk mendapatkan nilai rata-rata kuat tarik (T) beton penyusun dinding. Tiga buah benda uji diproduksi untuk mengetahui karakteristik nilai kuat tarik beton pada grouting. Kuat tarik diperoleh dari analisis data rata-rata tiga buah benda uji silinder dengan dimensi aktual tertera pada Tabel 4.1.9, dilakukan analisis dengan cara merata-rata hasil sehingga diperoleh rata-rata sebesar 12.33 kg/cm².

Tabel 4.1.9 Kuat tarik beton grouting penyusun dinding

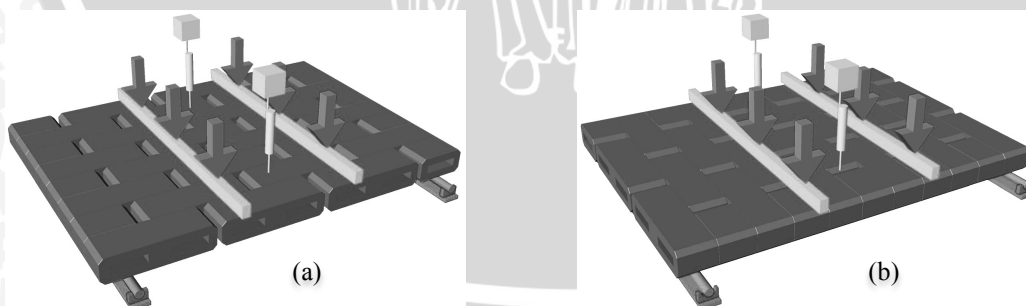
No	Dimensi diameter-panjang (mm)	Berat (g)	Kuat tarik (kg/cm ²)
1	7.9 - 15.8	1469.8	11.45
2	8.16 - 15.9	1614	12.01
3	7.9 - 15.8	1456.6	13.53

(Sumber: Hasil analisis)

4.2 Pengaturan Benda Uji Dinding Bercelah

Gambaran dari pengaturan dan penempatan alat ditunjukkan pada Gambar 4.2.1a untuk dinding A1, A2 dan A3 dan pada Gambar 4.2.1b untuk dinding B1, B2 dan B3. Semua dinding bercelah dibaringkan horizontal dan hanya didukung dengan bertumpu pada dua bagian sisinya. Salah satu sisi didukung oleh tumpuan sendi dari baja tulangan yang dimal atau dibentuk bulat polos berdiameter 2 cm, sama halnya dengan tumpuan rol di bagian sisi yang lain.

Bentang efektif pada pengujian dinding A1 adalah 814 mm, dinding A2 adalah 824 mm dan dinding A3 adalah 837 mm. Sedangkan bentang 792 mm digunakan untuk dinding B1, B2 dan B3. Pembebanan dilakukan dengan dua titik beban garis memanjang searah lebar dinding berupa bidang tekan dengan luasan 3 cm x lebar dinding untuk setiap titik. Untuk dapat membaca lendutan dipasang dua buah *transducers* yang kemudian disebut sebagai CH1 dan CH8 dengan penempatan sesuai pada Gambar 4.2.2. Cara untuk menjaga konsistensi data lendutan di tengah bentang dicoba penempatan waterpas digital sebagai pembaca rotasi pada tumpuan. Penambahan beban dan lendutan pada dinding bercelah serta rotasi yang terjadi pada tumpuan bersama-sama dimonitor selama pengujian sampai dengan dinding runtuh.



Gambar 4.2.1 Pengaturan eksperimen benda uji lentur: (a) dinding A1, A2 dan A3; (b) dinding B1, B2 dan B3

Penambahan beban dilakukan teratur serta konstan dengan interval 25 kg. Kontrol beban dengan mengamati lendutan yang terjadi hanya dilakukan sampai dengan dinding mengalami keruntuhan awal, namun setelah itu dilakukan pembacaan lendutan sebagai pengontrolnya dengan mengamati beban yang terjadi. Pengambilan data berhenti sampai

dengan dinding mengalami keruntuhan total ditunjukkan dengan penurunan drastis pada beban lentur. Grafik antara beban dan lendutan diplot langsung secara bersamaan urut mengikuti setiap proses pembacaan.



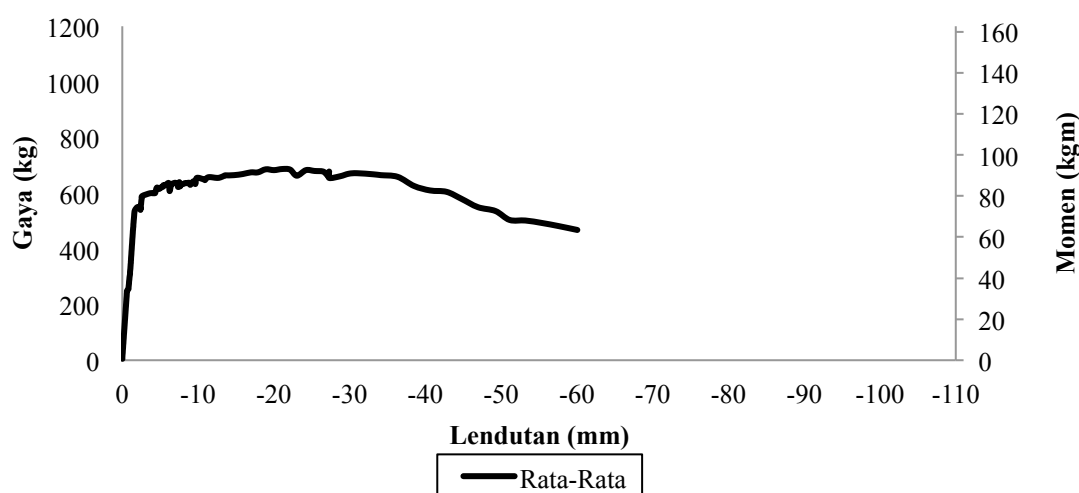
Gambar 4.2.2 Pemasangan aktual benda uji dinding bercelah
(Sumber: Hasil eksperimen)

4.3 Hasil Penelitian dan Perhitungan

4.3.1 Hubungan beban (P), momen (M) dan lendutan (Δ) Dinding Bercelah

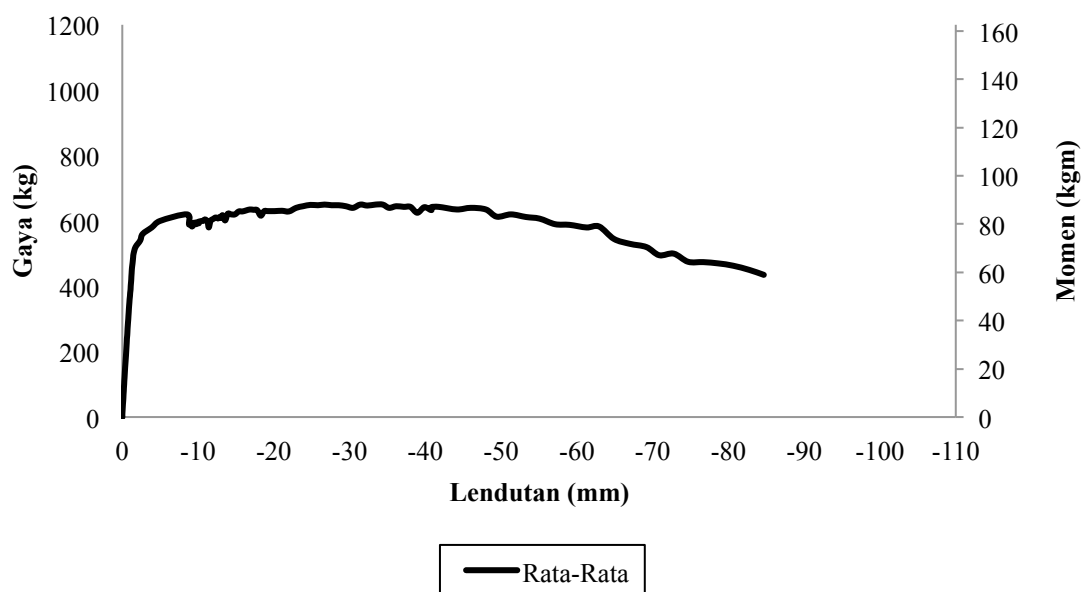
Nilai beban dan lendutan didapatkan dari pengujian lentur di laboratorium sedangkan momen didapatkan dari hasil perhitungan untuk dinding bercelah pasangan bata beton bertulang searah arah tidur bata dan tegak lurus arah tidur bata. Data ini kemudian diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik.

4.3.1.1 Dinding bercelah pembebanan beban garis tegak lurus siar horizontal (dinding A)



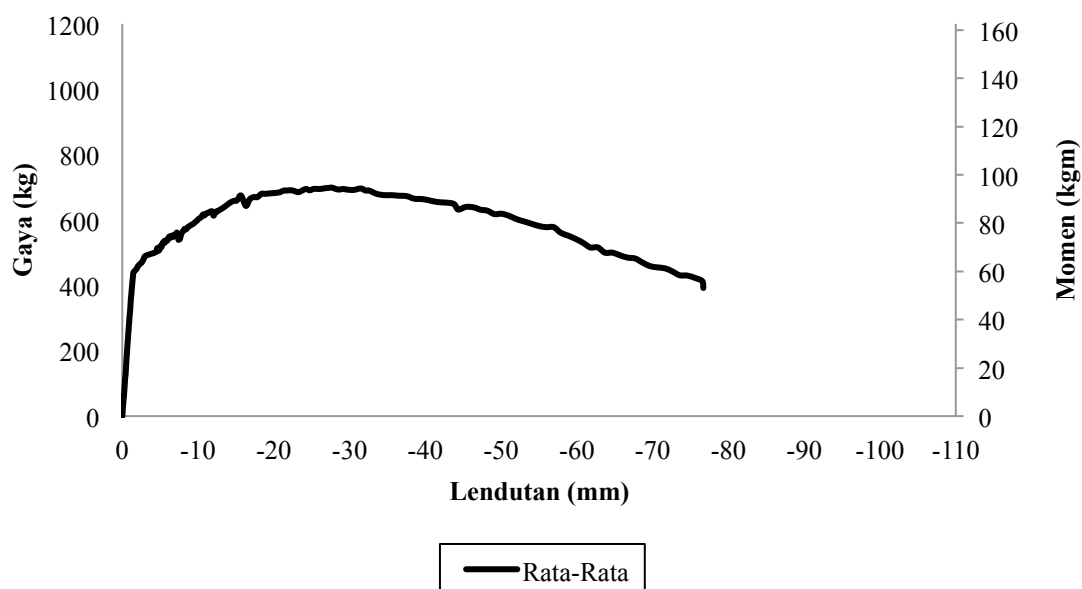
Gambar 4.3.1 Renspon beban-lendutan dinding bercelah A1
(Sumber: Hasil analisis)

Pada Gambar 4.3.1 menunjukkan nilai lendutan maksimum semakin meningkat seiring dengan bertambahnya beban. Adapun nilai beban maksimum untuk dinding bercelah A1 sebesar 687 kg pada saat rata-rata lendutan mencapai 21.09 mm. Bentang dinding A1 adalah 814 mm sehingga diperoleh momen ultimit 93 kgm.



Gambar 4.3.2 Renspon beban-lendutan dinding bercelah A2
(Sumber: Hasil analisis)

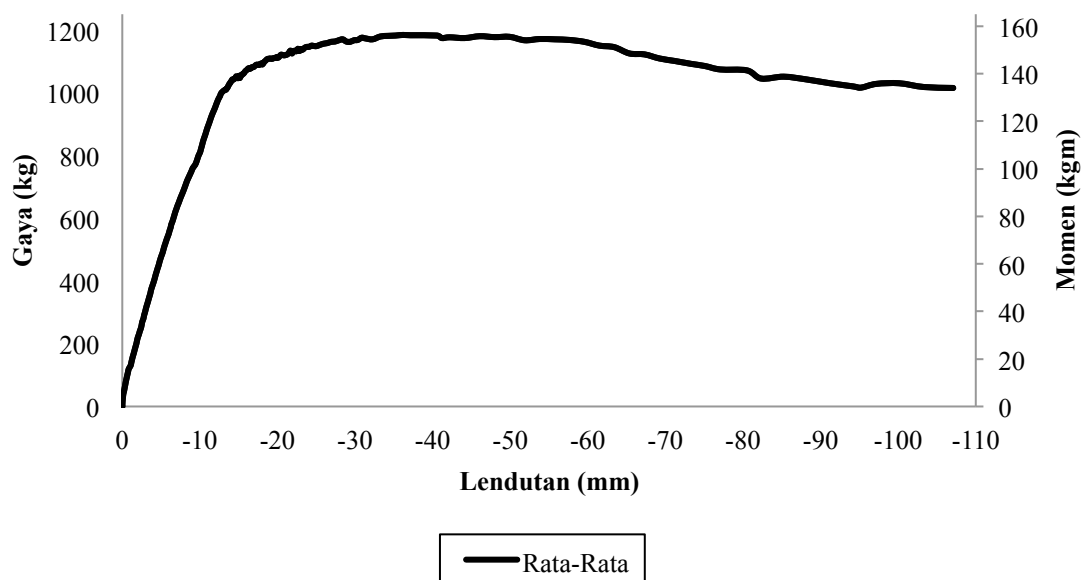
Pada Gambar 4.3.2 menunjukkan nilai lendutan maksimum semakin meningkat seiring dengan bertambahnya beban. Adapun nilai beban maksimum untuk dinding bercelah A2 sebesar 650 kg pada saat rata-rata lendutan mencapai 31.41 mm. Bentang dinding A2 adalah 824 mm sehingga diperoleh momen ultimit 89 kgm.



Gambar 4.3.3 Renspon beban-lendutan dinding bercelah A3
(Sumber: Hasil analisis)

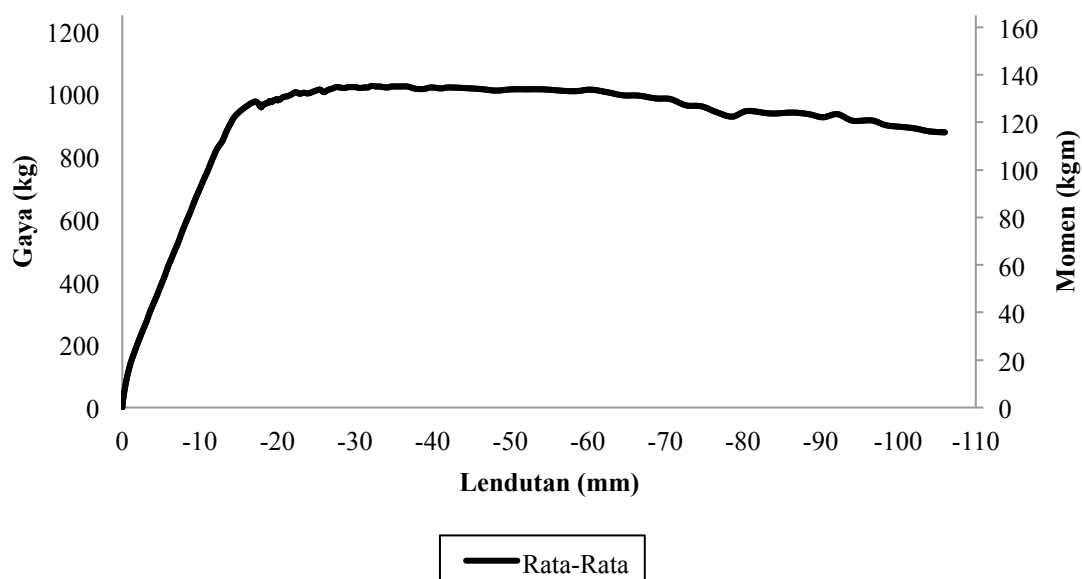
Pada Gambar 4.3.3 dapat diketahui nilai lendutan maksimum semakin meningkat seiring dengan bertambahnya beban. Adapun nilai beban maksimum untuk dinding bercelah A3 sebesar 699 kg pada saat rata-rata lendutan mencapai 27.66 mm. Bentang dinding A3 adalah 837 mm sehingga diperoleh momen ultimit 97 kgm.

4.3.1.2 Dinding bercelah pembebanan beban garis sejajar siar horizontal (dinding B)



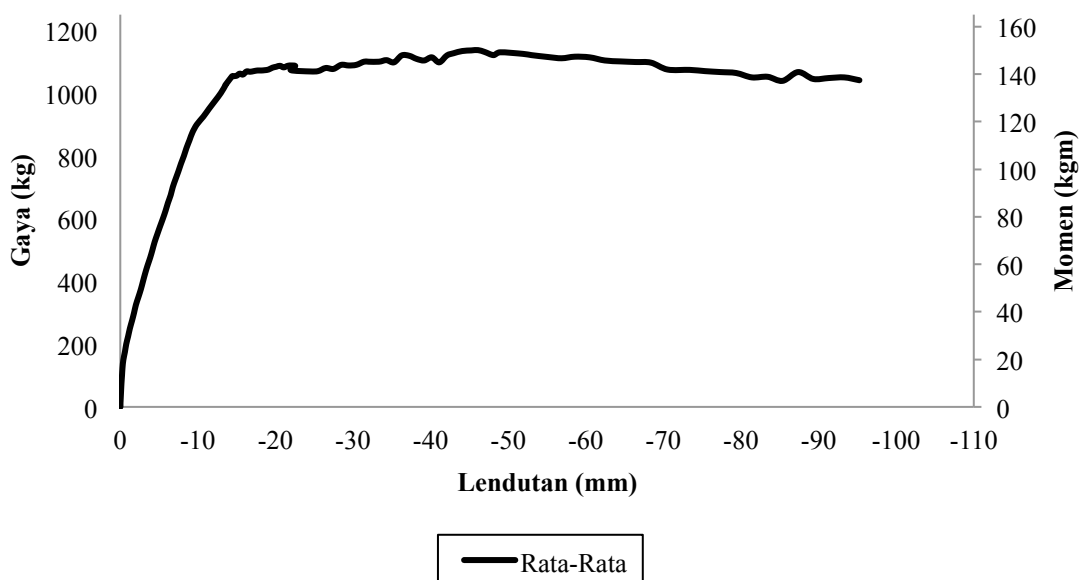
Gambar 4.3.4 Renspon beban-lendutan dinding bercelah B1
(Sumber: Hasil analisis)

Pada Gambar 4.3.3 menunjukkan nilai lendutan maksimum semakin meningkat seiring dengan bertambahnya beban. Adapun nilai beban maksimum untuk dinding bercelah B1 sebesar 1184 kg pada saat rata-rata lendutan mencapai 36.18 mm. Bentang dinding B1 adalah 792 mm sehingga diperoleh momen ultimit 156 kgm.



Gambar 4.3.5 Renspon beban-lendutan dinding bercelah B2
(Sumber: Hasil analisis)

Pada Gambar 4.3.5 menunjukkan nilai lendutan maksimum semakin meningkat seiring dengan bertambahnya beban. Adapun nilai beban maksimum untuk dinding bercelah B2 sebesar 1025 kg pada saat rata-rata lendutan mencapai 32.17 mm. Bentang dinding B2 adalah 792 mm sehingga diperoleh momen ultimit 135 kgm.



Gambar 4.3.6 Renspon beban-lendutan dinding bercelah B3
(Sumber: Hasil analisis)

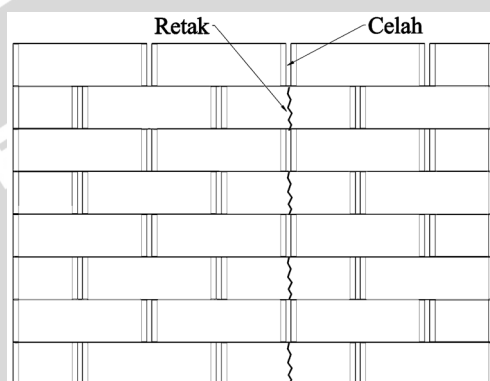
Pada Gambar 4.3.6 dapat diketahui nilai lendutan maksimum semakin meningkat seiring dengan bertambahnya beban. Adapun nilai beban maksimum untuk dinding bercelah B3 sebesar 1137 kg pada saat rata-rata lendutan mencapai 46.15 mm. Bentang dinding B3 adalah 792 mm sehingga diperoleh momen ultimit 150 kgm.

4.3.2 Prediksi Teoritis

Presiksi teoritis dibuat dengan menggunakan parameter kuat tekan bata beton bertulang (f_b), ditentukan dengan test di laboratorium sebesar 129 kg/cm^2 , sedangkan kuat tekan (f_c') dari beton pada bata adalah 194.8 kg/cm^2 . Kuat tekan (f_m) dan tarik mortar (T_m) ditentukan dari hasil pengujian mortar masing-masing sebesar 249.49 kg/cm^2 dan 13.73 kg/cm^2 . Kuat lekat antara mortar dengan bata beton (τ) berupa tegangan ditentukan dari pengujian yaitu sebesar 4.91 kg/cm^2 . Sedangkan karakteristik kuat tekan (f_{ck}) dan tarik (T_{ck}) beton pengisi grouting digunakan sebesar 251.53 kg/cm^2 dan 12.33 kg/cm^2 . Kuat lentur satu unit bata dengan pembebanan arah tidur bata (f_{xk1}) dan arah berdiri bata (f_{xk2}) digunakan sebesar 414 kg dan 1537 kg.

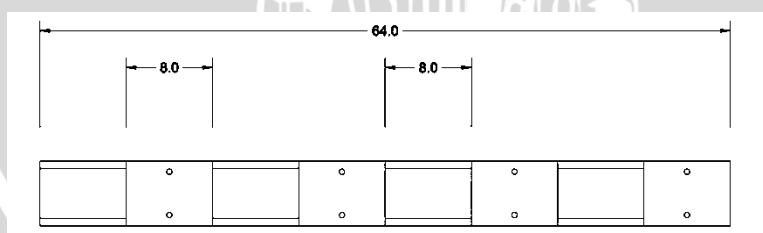
4.3.2.1 Dinding bercelah pembebanan beban garis tegak lurus siar horizontal (dinding A)

Untuk memperhitungkan beban lentur ultimit yang mampu diterima oleh dinding bercelah A, dilakukan analisis untuk menghitung kapasitas momen pada sebuah penampang. Pemilihan penampang adalah melalui pengamatan langsung pada benda uji dimana terjadi kemungkinan terbesar letak runtuh. Gambar 4.3.7 menjelaskan berdasarkan observasi pada dinding bercelah maka dipilih penampang dengan luas yang paling kecil dari suatu potongan melintang.



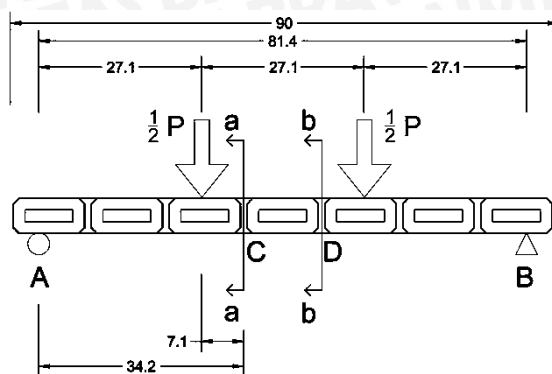
Gambar 4.3.7 Pola retak prediksi terjadi pada bata beton dinding bercelah A

Mempertimbangan kekakuan dinding pada lekatan antar bata beton, pada penampang ini memungkinkan untuk keruntuhan akan terjadi secara serentak. Keempat bata beton mengalami kegagalan dalam menahan lentur yang diakibatkan adanya momen. Maka dilakukan analisis dengan asumsi beban yang diterima oleh keempat bata beton adalah sama.



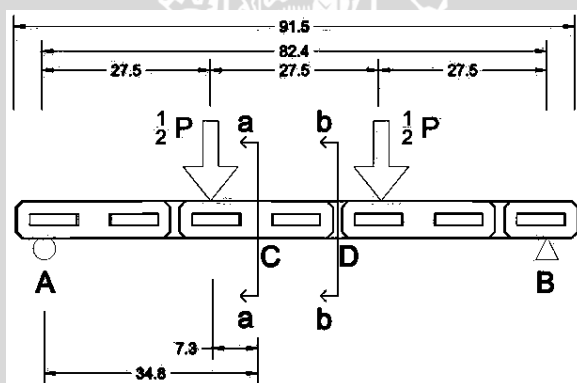
Gambar 4.3.8 Pot. A-A, empat buah penampang retak pada dinding A

Berdasarkan hasil eksperimen pembebanan unit bata secara lentur pada arah tidur bata didapatkan harga kuat lentur adalah 29.9 kg/cm^2 . Digunakan pendekatan perhitungan dengan tulangan tunggal yang menyatakan bahwa kapasitas momen yang dapat dipikul oleh sebuah penampang bata beton dengan perilaku lentur arah tidur bata dan penampang penuh tanpa lubang adalah 21.45 kg/cm^2 . Terdapat empat buah bata beton terletak dalam satu garis pola retak bergaris tebal, sehingga didapatkan kapasitas lentur dinding pada penampang tersebut adalah 85.8 kg/cm^2 .



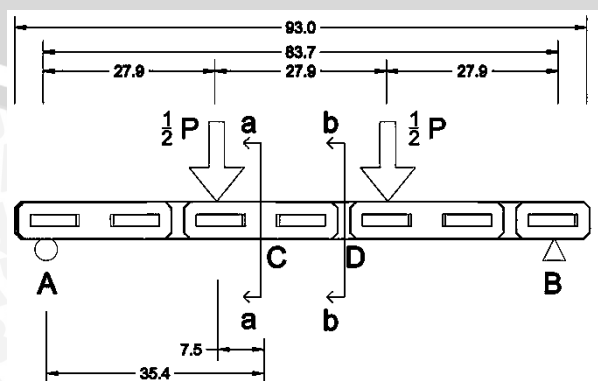
Gambar 4.3.9 Detail tampak dinding A1 dengan jarak celah 1 cm

Perbedaan kapasitas lentur dinding A dikarenakan adanya variasi lebar celah yang berdampak pada perubahan dimensi dinding bercelah. Semakin lebar jarak celah maka dimensi dinding akan semakin panjang. Hal ini berakibat pada bentang tumpuan pada dinding yang semakin lebar sehingga menghasilkan perbedaan beban maksimum yang mampu ditahan oleh dinding. Seperti yang digambarkan pada Gambar 4.3.9 dinding A1 memiliki bentang antar tumpuan adalah 81.4 cm.



Gambar 4.3.10 Detail tampak dinding A2 dengan jarak celah 1.5 cm

Variasi lebar celah pada dinding A2 dengan lebar celah adalah 1.5 cm akan menghasilkan bentang antar tumpuan sepanjang 82.4 cm seperti yang digambarkan pada Gambar 4.3.10. Berbeda pada dinding A3 dengan lebar celah adalah 2 cm memiliki jarak bentang antar tumpuan adalah 83.7 cm seperti yang digambarkan pada Gambar 4.3.11.



Gambar 4.3.11 Detail tampak dinding A3 dengan jarak celah 2 cm

Perhitungan statika menyatakan bahwa beban yang diperlukan untuk mencapai kapasitas momen dari keempat bata adalah tertera pada Tabel 4.3.1.

Tabel 4.3.1 Rekapitulasi Nilai Beban Prediksi Teoritis dan Tipe Keruntuhan

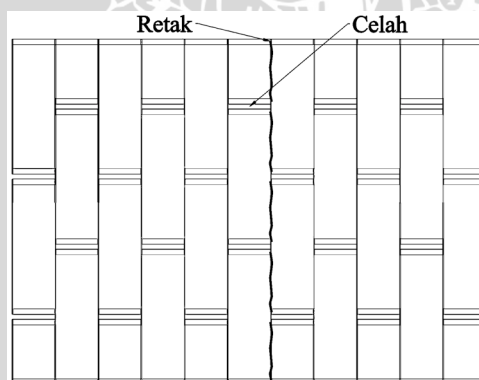
Dinding	Prediksi Teoritis Beban Ultimit (kg)	Tipe Keruntuhan
A1	632	Daerah tengah bata beton
A2	624	Daerah tengah bata beton
A3	614	Daerah tengah bata beton

(Sumber: Hasil analisis)

Seperti yang ditunjukkan pada perhitungan prediksi teoritis, beban lentur yang dapat dipikul oleh dinding mengalami penurunan sesuai dengan jarak celah yang bervariasi. Semakin besar jarak celah maka memungkinkan untuk suatu dinding memiliki bentang yang semakin besar. Hal ini berakibat pada kekakuan yang semakin mengecil sehingga berakibat pada beban ultimitnya.

4.3.2.2 Dinding bercelah pembebanan beban garis sejajar siar horizontal (dinding B)

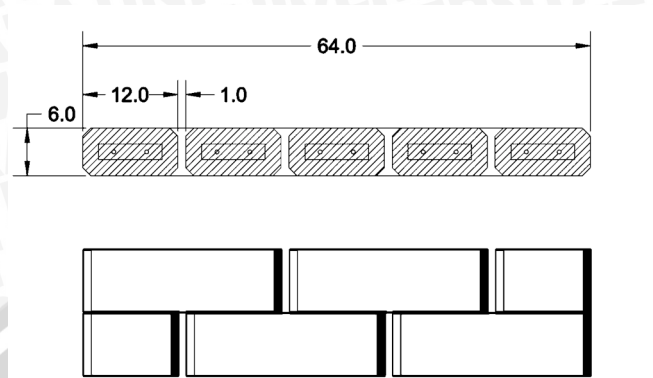
Untuk memperhitungkan beban lentur ultimit yang mampu diterima oleh dinding bercelah B, dilakukan analisis untuk menghitung kapasitas momen pada sebuah penampang. Berdasarkan pengamatan pada dinding bercelah maka dipilih penampang dengan luas yang paling kecil, yaitu bidang kontak antara sambungan bata beton Gambar 4.3.12.



Gambar 4.3.12 Pola retak prediksi terjadi pada bata beton dinding bercelah A

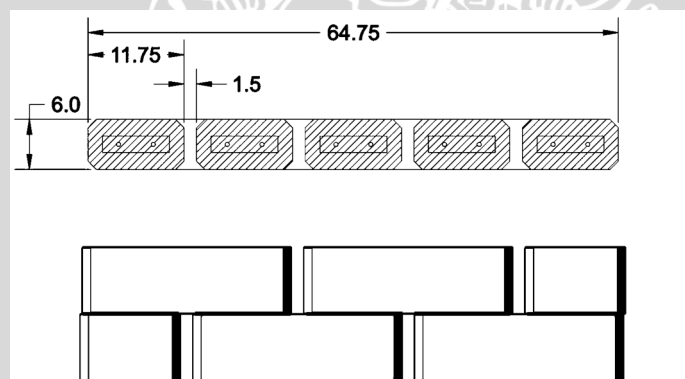
Pendekatan perhitungan didasarkan pada beban maksimum yang dapat ditahan oleh suatu penampang beton dengan tulangan. Penampang beton didekati dengan menganggap suatu balok persegi berdimensi lebar dan tinggi masing-masing adalah 12 cm dan 6 cm untuk dinding B1 dengan jarak celah 1 cm seperti yang digambarkan pada Gambar 4.3.13. Perhitungan akan menghasilkan momen nominal satu buah penampang dengan tulangan, sedangkan pada satu garis retak dinding terdapat lima buah penampang dengan dimensi

yang sama. Sehingga diperoleh momen maksimum pada satu garis retak dinding dengan cara mengalikan momen satu buah penampang dengan jumlah penampang pada satu garis retak, dalam hal ini terdapat lima buah penampang.



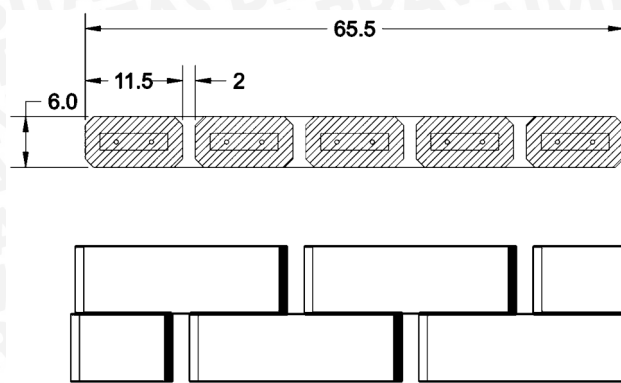
Gambar 4.3.13 Bidang kontak antarbata untuk perhitungan analisis pada dinding bercelah B1

Untuk dinding B2 dan B3 akan dilakukan analisis yang sama seperti pada dinding B1. Namun yang membedakan kali ini adalah luas penampang beton yang dihasilkan dari bidang kontak antarbata. Perbedaan variasi jarak celah yang direncanakan menghasilkan perubahan dimensi bidang kontak seperti pada Gambar 4.3.14. B2 dengan jarak celah 1.5 cm memiliki bidang kontak dengan dimensi menjadi 11.75 cm x 6 cm.



Gambar 4.3.14 Bidang kontak antarbata untuk perhitungan analisis pada dinding bercelah B2

Pelebaran jarak celah akan berdampak pada semakin mengecilnya luasan yang diperoleh dari bidang kontak, digambarkan dengan Gambar 4.3.15. Hal ini dikarenakan adanya pergeseran lekatan bata beton. Sehingga perbedaan pada dinding B3 yang memiliki lebar celah 2 cm berakibat pada luasan penampang kontak berubah menjadi lebih kecil yaitu 11.5 cm x 6 cm.



Gambar 4.3.15 Bidang kontak antarbata untuk perhitungan analisis pada dinding bercelah B3

Perhitungan pada penampang retak akan menghasilkan momen nominal yang berbeda pada masing-masing dinding. Dari momen tersebut maka akan didapatkan beban maksimum yang dibutuhkan untuk mencapai momen maksimum dari suatu dinding. Pada dinding B tidak terdapat perbedaan bentang pada tumpuan saat pengujian. Dinding tidak mengalami variasi yang berdampak pada perubahan bentang untuk pengujian lentur. Didapati momen yang bervariasi maka didapatkan beban yang bervariasi pula yang tertera pada Tabel 4.3.2.

Tabel 4.3.2 Rekapitulasi Nilai Beban Prediksi Teoritis dan Tipe Keruntuhan

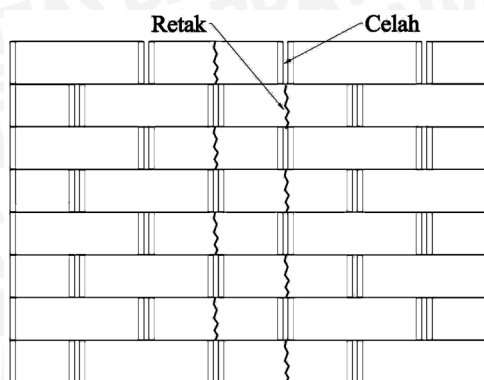
Dinding	Prediksi Teoritis Beban Ultimit (kg)	Tipe Keruntuhan
B1	934	Daerah lekatan mortar dengan bata
B2	932	Daerah lekatan mortar dengan bata
B3	929	Daerah lekatan mortar dengan bata

(Sumber: Hasil analisis)

4.4 Pembahasan

4.4.1 Kuat lentur, momen, lendutan, daktilitas dan kekakuan dinding bercelah pembebanan beban garis tegak lurus siar horizontal variasi jarak celah 1 cm, 1.5 cm dan 2 cm (dinding A)

Keruntuhan dinding A berdasarkan observasi adalah terjadinya kegagalan pada bata beton dalam menahan lentur, model ditunjukkan pada Gambar 4.4.1. Ini adalah retak akibat lentur pada unit bata beton dengan arah pembebanan tegak lurus siar horizontal. Retak pertama terjadi di tengah bata tanpa mengalami kegagalan lekatan antara bata satu dengan yang lain. Retak terjadi secara serentak sepanjang lebar dinding. Delapan unit bata beton yang berada pada daerah lentur murni mengalami retak akibat tegangan tarik tanpa terdapat retak pada bagian koneksi antar bata.



Gambar 4.4.1 Model retak pembebanan beban garis tegak lurus siar horizontal dinding A

Sulit untuk mengamati terjadinya suatu retak pada dinding bercelah ini. Berdasarkan pengamatan, retak pertama terjadi ketika beban menunjukkan pembacaan 540 kg dan beban ultimit yang mampu ditahan oleh dinding adalah 687 kg. Dilakukan analisis untuk memperoleh kuat lentur struktur sistem dinding bercelah pada dinding A1, sehingga menghasilkan nilai tegangan kuat lentur aktual di dalam sistem dinding adalah 23.01 kg/cm^2 . Begitu pula dengan nilai kuat lentur pada dinding A2 adalah 22.04 kg/cm^2 dengan beban ultimit yang dicapai sebesar 650 kg, dan pada dinding A3 sebesar 24.07 kg/cm^2 untuk beban ultimit yang dicapai sebesar 699 kg.

Jika diamati pada penampang dinding bercelah tersebut terdapat 4 buah bata beton pada satu garis retak. Tegangan lentur yang terjadi berada pada keempat buah bata beton tersebut. Dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai tagangan yang terjadi pada penampang empat buah bata beton. Untuk dinding A1 rata-rata tegangan lentur pada keempat bata didapatkan bernilai 48.5 kg/cm^2 , dinding A2 rata-rata tegangan lentur adalah 46.5 kg/cm^2 dan dinding A3 rata-rata tegangan lentur adalah 50.8 kg/cm^2 . Terdapat pengujian secara terpisah untuk satu buah bata beton berlubang tanpa grouting untuk memperoleh nilai kuat lentur unit bata. Didapatkan nilai kuat lentur unit bata berlubang adalah 32.82 kg/cm^2 .

Bata beton di dalam dinding merupakan suatu sistem yang tersusun bersama dengan mortar dan grouting. Kekuatan dinding diperoleh dari kualitas material-material tersebut. Ketika bata beton merupakan suatu sistem dari dinding maka kekuatan yang terbentuk dapat dikombinasikan dengan material lain seperti kuat tekan grouting dan gesekan mortar. Sedangkan keseluruhan sistem dinding bercelah merupakan suatu kesatuan struktur yang terbentuk melalui kekuatan yang diperoleh dari material bata beton, mortar dan grouting, dan pengaplikasian lubang celah siar vertikal pada sela antar bata beton.

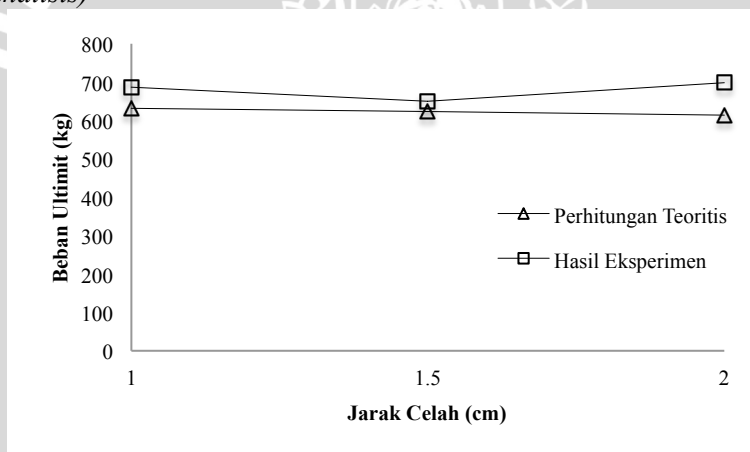
Nilai dari beban ultimit hasil eksperimen dan hasil perhitungan teoritis ditunjukkan pada Gambar 4.4.2 yang merupakan penyebaran titik nilai beban. Rata-rata dapat diambil dari ketika nilai beban dari hasil eksperimen yaitu sebesar 678.7 kg. Sedangkan untuk rata-rata beban dari hasil perhitungan teoritis diperoleh sebesar 623.3 kg.

Perhitungan teoritis menghasilkan nilai beban ultimit dinding yang semakin mengecil dengan variasi jarak celah yang semakin membesar tersebut. Dinding pasangan bata akan kehilangan daya lekatnya ketika jarak celah pada siar vertikal semakin besar, sehingga kekuatan untuk menahan beban akan mengecil.

Tabel 4.4.1 Komparansi Nilai Beban Prediksi Teoritis dan Hasil Eksperimen

Dinding	Prediksi teoritis	Hasil eksperimen		Tipe Keruntuhan
	Beban Ultimit (kg)	Beban Retak (kg)	Beban Ultimit (kg)	
A1	632	540	687	Daerah tengah bata beton
A2	624	520	650	Daerah tengah bata beton
A3	614	440	699	Daerah tengah bata beton

(Sumber: Hasil analisis)

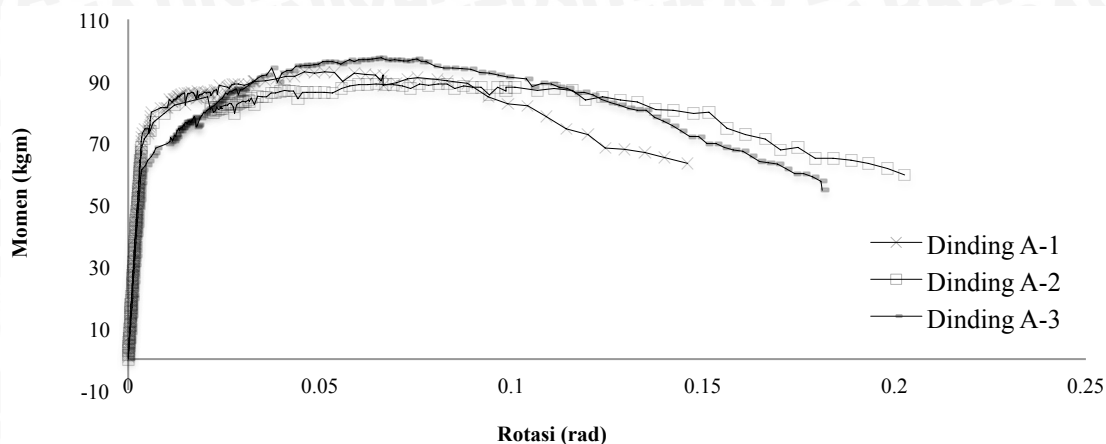


Gambar 4.4.2 Sebaran titik beban ultimit hasil penelitian dan perhitungan teoritis dinding A

Nilai momen yang dihitung yaitu momen yang terjadi pada daerah lentur murni ketika beban ultimit telah dicapai. Daerah lentur murni adalah daerah sepertiga bagian dari bentang keseluruhan, yang terletak di tengah bentang atau yang dibatasi oleh dua titik beban.

Dinding bercelah dengan variasi celah akan mengakibatkan perbedaan bentang. Jarak pori yang diaplikasikan memberikan perbedaan pada bentang benda uji yaitu 814 mm untuk benda uji A1 (celah 1 cm), 824 mm untuk benda uji A2 (celah 1.5 cm) dan 837 mm untuk benda uji A3 (celah 2 cm). Berdasarkan beban ultimit yang dapat ditahan maka perhitungan statika dilakukan untuk mendapatkan nilai momen pada masing-masing

dinding. Dihasilkan untuk dinding A1 momen ultimit adalah 93 kgm, A2 momen ultimit adalah 89 kgm dan A3 momen ultimit adalah 97 kgm.



Gambar 4.4.3 Kurva momen-deformasi di tengah bentang dinding A

Pada Gambar 4.4.3 merupakan gabungan dari kurva momen dan rotasi dari ketiga dinding A. Pada saat pembebanan dinding pada fase elastis, ketiga kurva dapat diamati saling berhimpit. Sehingga nilai lendutan pada saat beban yang menyebabkan retak pertama dicapai tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dinding A1 memiliki lendutan sebesar 1.55 mm, dinding A2 sebesar 1.59 mm, dan dinding A3 lendutan sebesar 1.38 mm.

Perubahan kurva pada fase elastis menuju plastis dicapai pada saat momen pada ketiga dinding bernilai di atas 60 kgm dengan rata-rata lendutan 1.51 mm. Retak yang semakin membesar pada bata beton menyebabkan dinding kehilangan kekakuan disusul dengan kegagalan lekatan mortar antar bata beton menyebabkan kenaikan lendutan yang semakin cepat.



Gambar 4.4.4 Retak pada dinding bercelah A1, A2 dan A3
(Sumber: Hasil eksperimen)

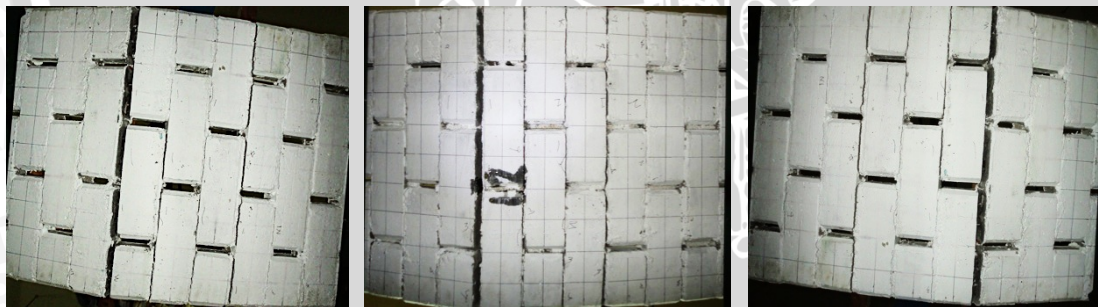
Nilai daktilitas (μ) secara matematis didefinisikan sebagai perbandingan antara suatu parameter deformasi rencana maksimum struktur (μ_u) dengan deformasi pada saat terjadinya leleh pertama pada struktur yang ditinjau (μ_y). Pada dinding A daktilitas diperoleh dari pembacaan Gambar 4.4.3 momen dan lendutan. Deformasi pada saat leleh

pertama diambil nilai saat adanya perubahan kemiringan grafik. Deformasi rencana maksimum diperoleh dari penarikan nilai deformasi pada saat momen ultimit telah tercapai dan turun hingga 20%.

Dasi pembahasan tersebut maka diperoleh nilai kuat lentur, momen, lendutan, daktilitas dan kekakuan. Kuat lentur didapatkan bernilai masing-masing 23.01 kg/cm^2 , 22.04 kg/cm^2 dan 24.07 kg/cm^2 ; momen retak bernilai 73.17 kgm, 71.24 kgm dan 68.56 kgm; retak pertama dicapai saat lendutan bernilai 1.55 mm, 1.59 mm, dan 1.38 mm; momen ultimit mencapai 93 kgm, 89 kgm dan 97 kgm; lendutan ketika momen ultimit mencapai 20.90 mm, 25.74 mm dan 25.45 mm; daktilitas dinding bernilai 30.28, 40.41 dan 35.48; dan kekakuan dinding sebesar 368.42 kg/mm, 388.30 kg/mm dan 342.81 kg/mm.

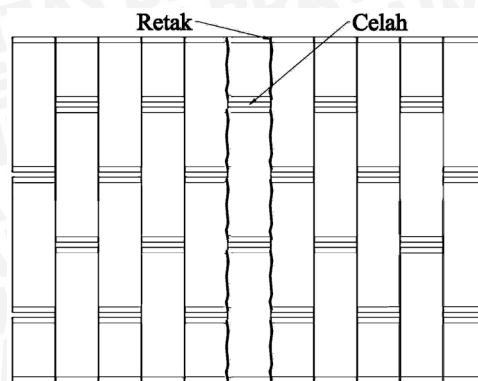
4.4.2 Kuat lentur, momen, lendutan, daktilitas dan kekakuan dinding bercelah pembebanan beban garis sejajar siar horizontal dengan variasi jarak celah 1 cm, 1.5 cm dan 2 cm (dinding B)

Kuat lekat bata dengan mortar diperoleh dari luasan dan gaya maksimum untuk melepaskan mortar dari beton pada pengujian lekat bata dengan mortar. Menghasilkan nilai kuat lekat sebesar 3.67 kg/cm^2 , 2.73 kg/cm^2 dan 8.34 kg/cm^2 sehingga menghasilkan tegangan rata-rata yaitu 4.91 kg/cm^2 . Model keruntuhan dinding B berdasarkan observasi adalah terjadinya kegagalan lekatan mortar dengan bata beton tanpa mengalami retak pada unit bata itu sendiri ditunjukkan pada Gambar 4.4.5.



Gambar 4.4.5 Retak pada dinding bercelah B1, B2 dan B3
(Sumber: Hasil analisis)

Pada dinding bercelah B dilakukan observasi terjadinya retak pertama. Retak terjadi di sepanjang garis lekatan antara bata dengan mortar seperti yang ilustrasikan pada Gambar 4.4.6. Retak terjadi secara serentak dimulai dari daerah lentur murni disusul dengan adanya retak di bagian tepi dari dinding bercelah.



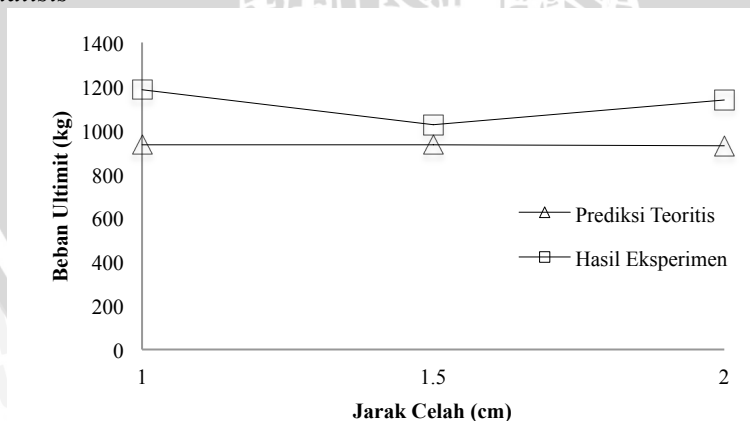
Gambar 4.4.6 Model retak pembebanan beban garis sejajar siar horizontal dinding B

Rekapitulasi beban ultimit ditunjukkan pada Tabel 4.4.2. Dilakukan analisis perhitungan untuk menghasilkan kuat lentur aktual pada daerah lekatan antara bata dengan mortar. Untuk dinding bercelah B1 diperoleh nilai kuat lentur untuk menghasilkan retak adalah 6.85 kg/cm^2 sedangkan untuk dinding B2 dan B3 menghasilkan nilai tegangan sebesar 10.65 kg/cm^2 dan 9.67 kg/cm^2 . Rata-rata dari ketika dinding B hasil eksperimen sebesar 9.06 kg/cm^2 tidak menunjukkan kesamaan dengan nilai rata-rata kuat lekat bata dengan mortar pada percobaan terpisah yaitu 4.91 kg/cm^2 .

Tabel 4.4.2 Komparansi Nilai Beban Prediksi Teoritis dan Hasil Eksperimen

Dinding	Prediksi Teoritis	Hasil Eksperimen		Tipe Keruntuhan
	Beban Ultimit (kg)	Beban Retak Mortar (kg)	Beban Ultimit (kg)	
B1	934	220	1184	Daerah lekatan mortar dengan bata
B2	932	350	1025	Daerah lekatan mortar dengan bata
B3	929	325	1137	Daerah lekatan mortar dengan bata

Sumber: Hasil analisis



Gambar 4.4.7 Sebaran titik beban ultimit hasil penelitian dan perhitungan teoritis dinding B

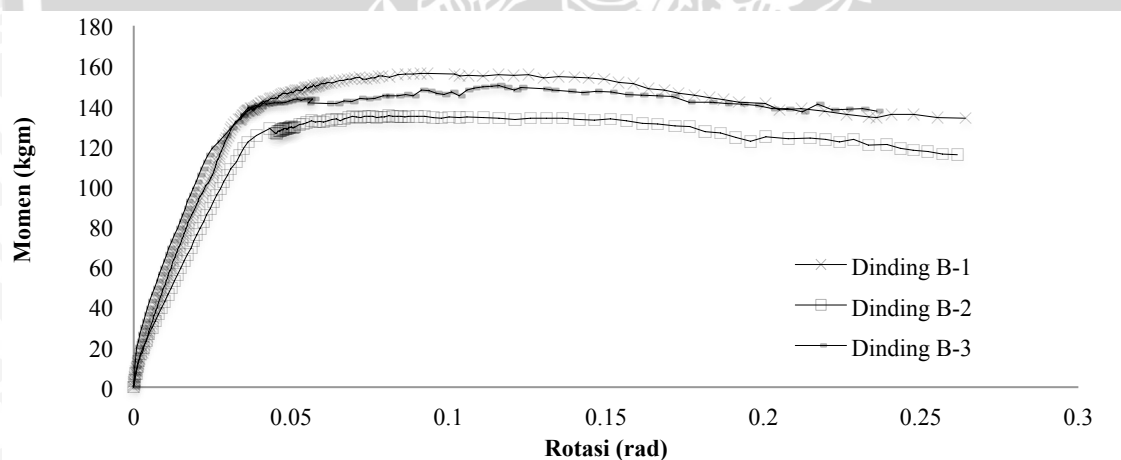
Dilakukan analisis antara beban dengan dimensi pada dinding B1, sehingga menghasilkan nilai kuat lentur ultimit aktual dalam satuan matriks pada tempat terjadi retak adalah 36.9 kg/cm^2 untuk beban ultimit 1184 kg. Begitu pula dengan nilai kuat lentur

pada dinding A2 adalah 31.2 kg/cm^2 dengan beban ultimit yang dicapai saat 1025 kg, dan pada dinding A3 sebesar 33.9 kg/cm^2 untuk beban ultimit yang dicapai sebesar 1137 kg.

Beban ultimit pada benda uji dinding B tidak dipengaruhi oleh perbedaan bentang antar benda uji karena semua dinding memiliki bentang yang sama yaitu 792 mm. Perhitungan statika dilakukan untuk mendapatkan nilai momen ultimit di tengah bentang pada masing-masing dinding. Dihasilkan untuk dinding B1 momen ultimit adalah 156.3 kgm, B2 momen ultimit adalah 135.3 kgm dan B3 momen ultimit adalah 150.1 kgm.

Seperti yang diperkirakan, dinding B pembebanan beban garis sejajar siar horizontal mencapai keruntuhan lekatan ketika beban diberikan pertama kali. Keruntuhan lekatan yang tidak dapat terlihat secara jelas namun dapat diamati melalui Gambar 4.4.8 ditunjukkan dengan penurunan lendutan signifikan pada tahap awal pembebanan.

Nilai lendutan pada retak pertama diambil melalui pengamatan grafik dengan adanya perubahan simpangan saat dinding berpindah dari fase elastis menuju fase plastis. Pembacaan transducers menunjukkan bahwa lendutan pada dinding B1 didapatkan sebesar 13.57 mm, dinding B2 sebesar 14.87 mm, dan dinding B2 sebesar 9.99 mm.



Gambar 4.4.8 Kurva momen-deformasi di tengah bentang dinding B

Pada dinding B daktilitas diperoleh dari pembacaan grafik beban dan lendutan. Deformasi pada saat leleh pertama diambil nilai saat adanya perubahan kemiringan grafik. Deformasi rencana maksimum diperoleh dari penarikan nilai deformasi pada saat beban ultimit telah tercapai dan turun hingga 15%. Keterbatasan alat pembacaan lendutan *Tranducers* tidak dapat memunculkan nilai penurunan beban setelah beban maksimum hingga 20% maupun 15% pada dinding B3 maka dilakukan pendekatan melalui pengamatan grafik.

Dasi pembahasan tersebut maka diperoleh nilai kuat lentur, momen, lendutan, daktilitas dan kekakuan. Kuat lentur didapatkan bernilai masing-masing 36.9 kg/cm^2 , 31.2 kg/cm^2 dan 33.9 kg/cm^2 ; momen retak bernilai 129.36 kgm, 118.80 kgm dan 115.50 kgm; retak pertama dicapai saat lendutan bernilai 13.57 mm, 14.87 mm, dan 12.88 mm; momen ultimit didapatkan bernilai masing-masing 156 kgm, 135.8 kgm dan 150 kgm; lendutan ketika momen ultimit bernilai 39.39 mm, 33.87 mm dan 50.05 mm; daktilitas dinding bernilai 8.95, 8.40 dan 9.95 dan kekakuan dinding sebesar 92.37 kg/mm, 74.11 kg/mm dan 138.06 kg/mm.

4.4.3 Rekap nilai kuat lentur, momen, lendutan, daktilitas dan kekakuan

Tabel 4.4.3 berisikan hasil penelitian berikut nilai kuat lentur, momen, lendutan, daktilitas dan kekakuan di dalamnya. Kelima nilai tersebut terlihat secara jelas dan dapat dibandingkan antara dinding A dan dinding B satu sama lain. Nilai beban maksimum bukanlah yang dituliskan dalam Tabel 4.4.3 ini, melainkan momen ultimit.

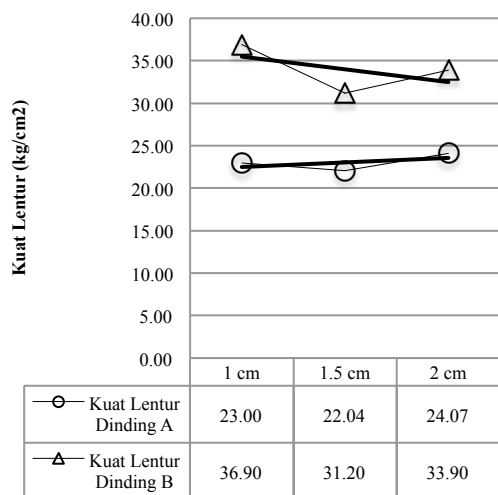
Retak pertama dinding A dan dinding B ditandai dengan perubahan simpangan grafik beban-lendutan. Perubahan lendutan daerah elastis bergeser pada daerah plastis.

Tabel 4.4.3 Rekapitulasi hasil penelitian dinding bercelah A dan B

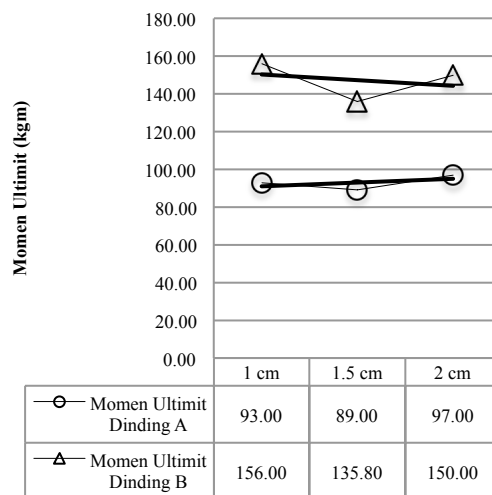
		Arah Beban Garis <i>Out-of-Plane</i>	
		Tegak Lurus Siar Horizontal (dinding A)	Sejajar Siar Horizontal (dinding B)
Jarak Celah (Siar Vertikal)	1 cm (kode 1)	A1	B1
		Kuat Lentur (f_r): 23.01 kg/cm^2 Momen retak (M_r): 73.17 kgm Momen ultimit (M_u): 93 kgm Lendutan retak (δ_r): 1.55 mm Lendutan ultimit (δ_u): 20.90 mm Daktilitas (μ): 30.28 Kekakuan (k): 368.42 kg/mm	Kuat Lentur (f_r): 36.9 kg/cm^2 Momen retak (M_r): 129.36 kgm Momen ultimit (M_u): 156 kgm Lendutan retak (δ_r): 13.57 mm Lendutan ultimit (δ_u): 39.39 mm Daktilitas (μ): 8.95 Kekakuan (k): 92.37 kg/mm
		A2	B2
	1.5 cm (kode 2)	Kuat Lentur (f_r): 22.04 kg/cm^2 Momen retak (M_r): 71.24 kgm Momen ultimit (M_u): 89 kgm Lendutan retak (δ_r): 1.59 mm Lendutan ultimit (δ_u): 25.74 mm Daktilitas (μ): 40.41 Kekakuan (k): 388.30 kg/mm	Kuat Lentur (f_r): 31.2 kg/cm^2 Momen retak (M_r): 118.80 kgm Momen ultimit (M_u): 135.8 kgm Lendutan retak (δ_r): 14.87 mm Lendutan ultimit (δ_u): 33.87 mm Daktilitas (μ): 8.40 Kekakuan (k): 74.11 kg/mm
		A3	B3
	2 cm (kode 3)	Kuat Lentur (f_r): 24.07 kg/cm^2 Momen retak (M_r): 61.28 kgm Momen ultimit (M_u): 97 kgm Lendutan retak (δ_r): 1.38 mm Lendutan ultimit (δ_u): 25.45 mm Daktilitas (μ): 35.48 Kekakuan (k): 342.81 kg/mm	Kuat Lentur (f_r): 33.9 kg/cm^2 Momen retak (M_r): 115.50 kgm Momen ultimit (M_u): 150 kgm Lendutan retak (δ_r): 9.99 mm Lendutan ultimit (δ_u): 50.05 mm Daktilitas (μ): 12.51 Kekakuan (k): 138.06 kg/mm

	A	B
Rata-rata	Kuat Lentur (f_r) : 23.04 kg/cm ² Momen retak (M_r) : 68.56 kgm Momen ultimit (M_u) : 87.08 kgm Lendutan retak (δ_r) : 1.48 mm Lendutan ultimit (δ_u) : 24.03 mm Daktilitas (μ) : 35.39 Kekakuan (k) : 366.51 kg/mm	Kuat Lentur (f_r) : 34.00 kg/cm ² Momen retak (M_r) : 121.22 kgm Momen ultimit (M_u) : 147.27 kgm Lendutan retak (δ_r) : 12.81 mm Lendutan ultimit (δ_u) : 41.07 mm Daktilitas (μ) : 9.95 Kekakuan (k) : 101.52 kg/mm

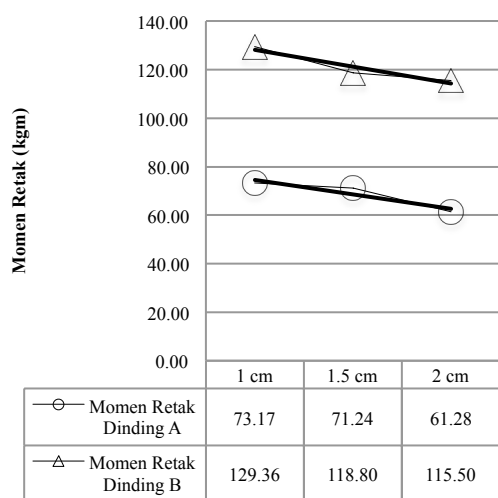
Komponen yang ditinjau dalam penelitian ini adalah kuat lentur dalam satuan kg/cm², momen ultimit yang diperoleh dari beban ultimit dalam satuan kgm, lendutan diambil dari nilai lendutan pada saat dinding mengalami retak pertama, daktilitas diperoleh dari perbandingan lendutan rencana dengan lendutan saat terjadi retak pertama atau grafik mengalami perubahan simpangan.



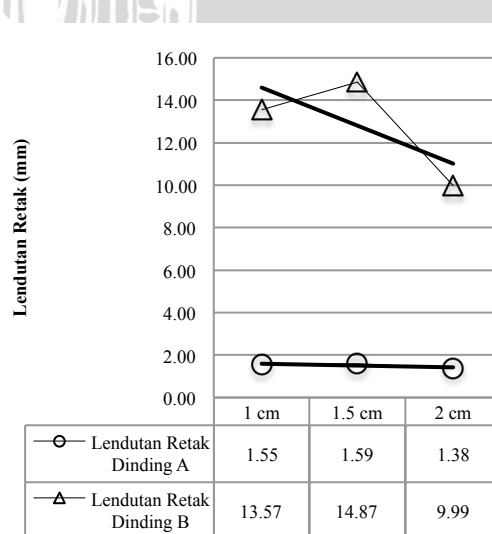
Gambar 4.4.9 Kuat lentur dinding A dan dinding B



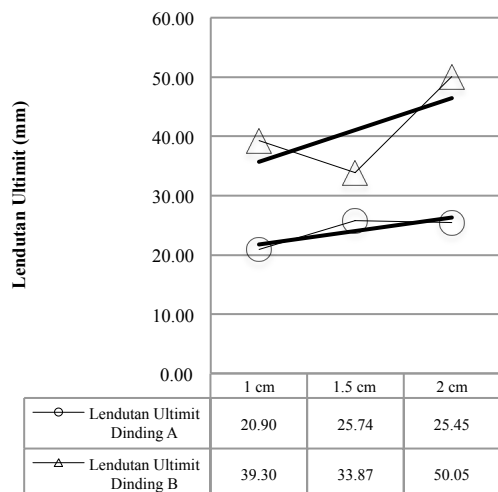
Gambar 4.4.11 Momen ultimit dinding A dan dinding B di tengah bentang



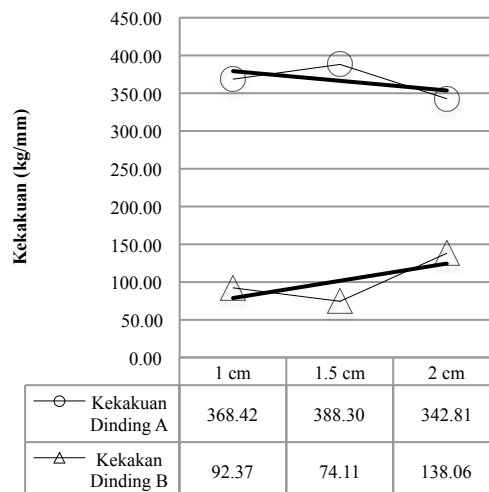
Gambar 4.4.10 Momen retak dinding A dan dinding B di tengah bentang



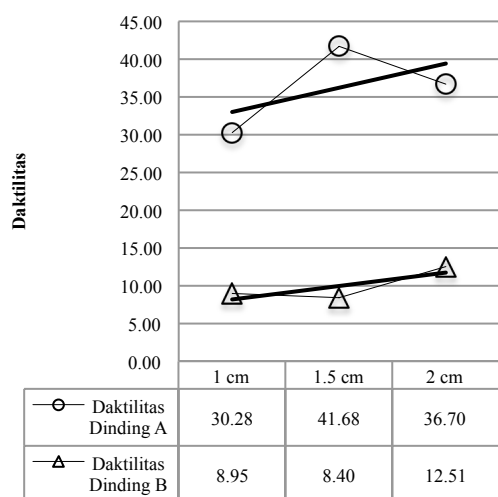
Gambar 4.4.12 Lendutan retak dinding A dan dinding B di tengah bentang



Gambar 4.4.13 Lendutan ultimit dinding A dan dinding B di tengah bentang



Gambar 4.4.15 Kekakuan dinding A dan dinding B pada beban yang sama 350 kg



Gambar 4.4.14 Daktilitas dinding A dan dinding B di tengah bentang

4.4.3.1 Kuat lentur – momen ultimit – lendutan ultimit

Kuat lentur dinding A berada di bawah dinding B. Gambar 4.4.9 menunjukkan bahwa dinding B dengan pembebanan beban garis sejajar siar horizontal memiliki kuat lentur yang lebih besar rata-rata 34.00 kg/cm^2 dari pada dinding A rata-rata 23.04 kg/cm^2 dengan pembebanan garis tegak lurus siar horizontal.

Pada pengamatan Gambar 4.4.9 dan Gambar 4.4.11 tren yang dapat diamati adalah bahwa pada dinding A regresi linier kuat lentur dan momen ultimit cenderung landai dan konstan, tren tidak menunjukkan bernilai naik ataupun turun. Jarak celah 1 cm, 1.5 cm dan 2 cm menunjukkan perbedaan yang relatif kecil pada kuat lentur dan momen ultimit dinding. Jika ditinjau dari nilai regresi linier lendutan ultimit pada gambar Gambar 4.4.13

maka nilai lendutan sedikit mengalami tren naik. Mengingat semakin besar celah terbentuk maka lendutan yang dihasilkan semakin besar.

Sedangkan pada dinding B menunjukkan bahwa hasil garis regresi linier kuat lentur semakin menurun. Jarak celah 1 cm, 1.5 cm dan 2 cm mengakibatkan penampang dinding semakin berkurang sehingga mengurangi kekuatan dinding. Tren semakin turun tersebut jika dibandingkan dengan garis regresi linier lendutan ultimit yang semakin naik sehingga komparansi ini mendukung statement bahwa semakin besar jarak celah maka lendutan semakin besar sedangkan kekuatan semakin menurun.

Desain dinding pasangan bata beton bertulang bergantung pada perkuatan tulangan untuk menahan tegangan. Peningkatan dari kekuatan pada bata beton bertulang dan kuat lentur secara signifikan lebih tinggi serta keandalan yang lebih besar.

4.4.3.2 Momen retak – lendutan retak – kekakuan

Momen retak dinding A berada di bawah dinding B. Gambar 4.4.10 menunjukkan bahwa semua sebaran momen dinding B dengan pembebanan beban garis sejajar siar horizontal memiliki momen ultimit rata-rata 121.22 kgm yang lebih besar dari pada dinding A rata-rata 68.56 kgm dengan pembebanan garis tegak lurus siar horizontal.

Momen retak yang dapat diamati dari hasil regresi linier dinding A adalah memiliki nilai yang semakin menurun. Namun jika dilihat pada lendutan saat mengalami retak pada Gambar 4.4.12 tren regresi linier cenderung sangat landai bahkan tidak menunjukkan nilai naik ataupun turun. Momen retak yang semakin menurun bila ditinjau pada regresi linier kekakuan dinding A maka jarak celah tersebut mengakibatkan kekakuan yang cenderung landai dan menurun pula.

Begitu pula pada dinding B momen retak yang didapatkan dari hasil pengujian tiga dinding cenderung semakin menurun. Namun berbeda dengan dinding A, lendutan saat retak menunjukkan nilai yang semakin menurun, juga kekakuan berdasarkan hasil pengujian menghasilkan regresi linier yang landai dan naik.

Dapat dicatat bahwa lebar celah pada dinding A cukup memberi pengaruh pada nilai momen, lendutan dan kekakuan pada saat struktur berada pada fase elastis. Dinding B pun juga memiliki perilaku yang sama namun sedikit berbeda pada nilai ketidak konsistensian kekakuan yang tercatat. Fase elastis penuh adalah saat dimana struktur mampu untuk berdeformasi dan kembali kebentuk semula dengan baik.

4.4.3.3 Lendutan ultimit – daktilitas – kekakuan

Lendutan yang tercatat pada Gambar 4.4.13 saat dinding mengalami beban puncak menunjukkan nilai yang cukup bervariasi. Besar lendutan ultimit pada dinding B dan dinding A menunjukkan nilai regresi linier yang semakin bertambah besar. Lendutan yang semakin bertambah besar tersebut diiringi dengan nilai daktilitas pada Gambar 4.4.14 yang menunjukkan nilai regresi linier semakin bertambah besar.

Lendutan ultimit pada dinding A dengan pembebanan beban garis tegak lurus siar horizontal menunjukkan garis regresi linier yang semakin naik. Rata-rata lendutan ultimit dari ketiga dinding adalah 24.03 mm. Daktilitas dinding A juga menunjukkan regresi linier bertambah besar seiring perubahan lebar jarak celah. Rata-rata daktilitas dinding adalah 36.22 dan kemampuan dinding dalam menahan beban garis tegak lurus siar horizontal ditunjukkan dengan nilai rata-rata kekakuan pada Tabel 4.4.3 sebesar 366.51 kg/mm.

Pada dinding B dengan pembebanan beban garis sejajar siar horizontal mampu berdeformasi hingga beban puncak dengan rata-rata lendutan ultimit sebesar 41.07 mm. Regresi linier pada nilai lendutan ultimit menunjukkan tren yang semakin bertambah besar seiring perubahan lebar celah. Perubahan juga didapati pada nilai daktilitas dinding B yang cukup landai bertambah besar ditunjukkan pada Gambar 4.4.14. Pada Tabel 4.4.3 rata-rata yang didapatkan adalah 9.95 untuk daktilitas dinding pada arah pembebanan ini. Berbeda dengan dinding A, pada dinding B kekakuan cenderung sulit diprediksi, namun terbaca regresi linier yang bertambah besar seiring bertambah besar lebar celah.

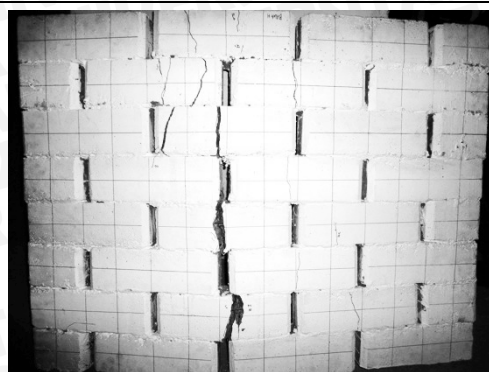
Ketika dinding A yang diberi beban garis secara tegak lurus siar horizontal nilai lendutan ultimit hanya mampu mencapai setengah dari nilai lendutan ultimit pada dinding B yang diberi beban garis secara sejajar siar horizontal. Namun dengan kekakuan yang besar daktilitas mampu dicapai pada nilai yang besar oleh dinding A yang diberi beban garis tegak lurus siar horizontal. Berbeda pada dinding B kekakuan hanya bernilai sepertiga dari dinding A namun mampu berdeformasi hingga dua kali lipat.

4.4.4 Pola retak dinding bercelah pada pembebanan beban garis tegak lurus siar horizontal (Dinding A)

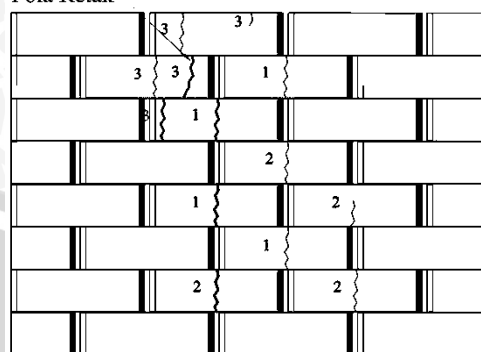
Model keruntuhan suatu struktur dapat dilihat dari pola retak yang terjadi. Semua benda uji dinding A memiliki pola retak yang sama, diawali dengan retak yang terjadi pada daerah tengah bentang atau daerah lentur murni disusul dengan munculnya retak pada daerah tepi bentang, ditunjukkan pada Tabel 4.4.4. Gaya yang dibutuhkan untuk mengakibatkan retak juga mendekati sama dengan perbedaan yang tidak terlalu signifikan.

Tabel 4.4.4 Rekap retak dinding A

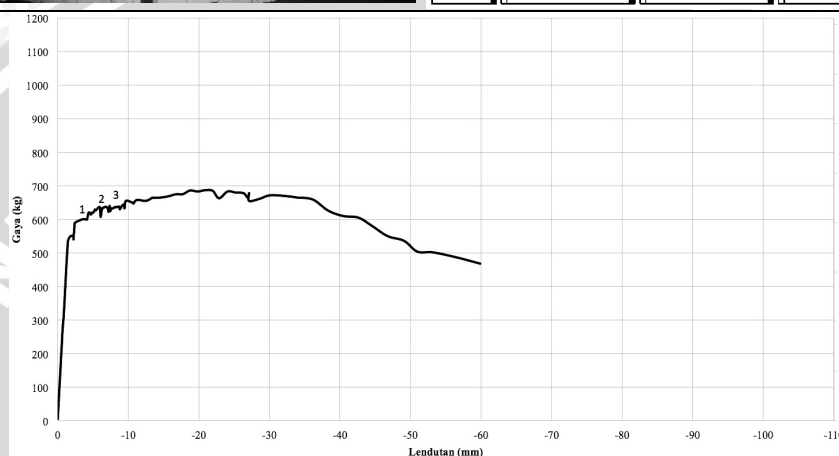
Dinding	Foto Hasil Eksperimen	Pola Retak
---------	-----------------------	------------



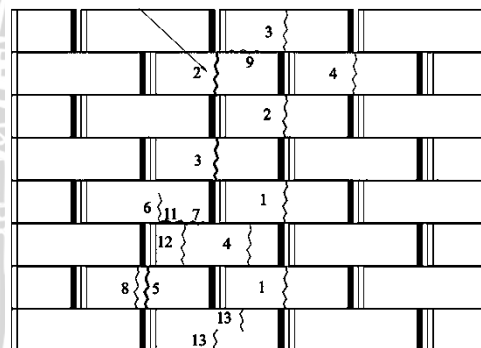
Pola Retak



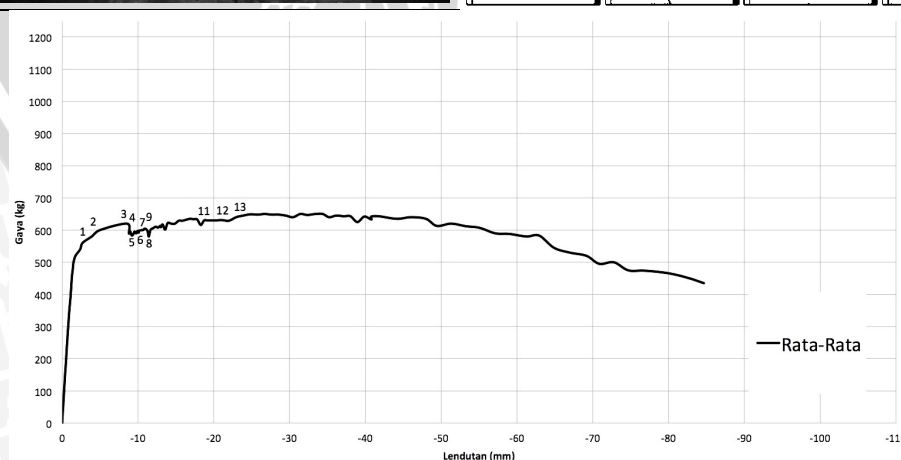
A1

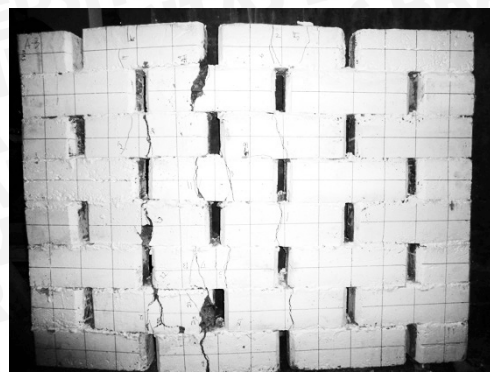


Pola Retak

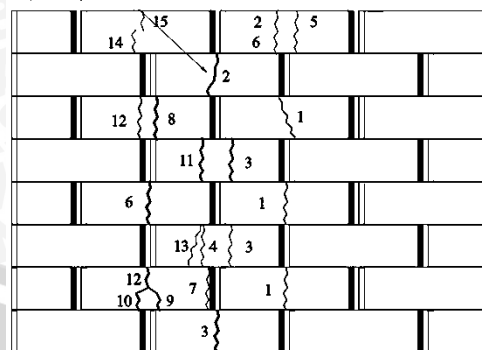


A2

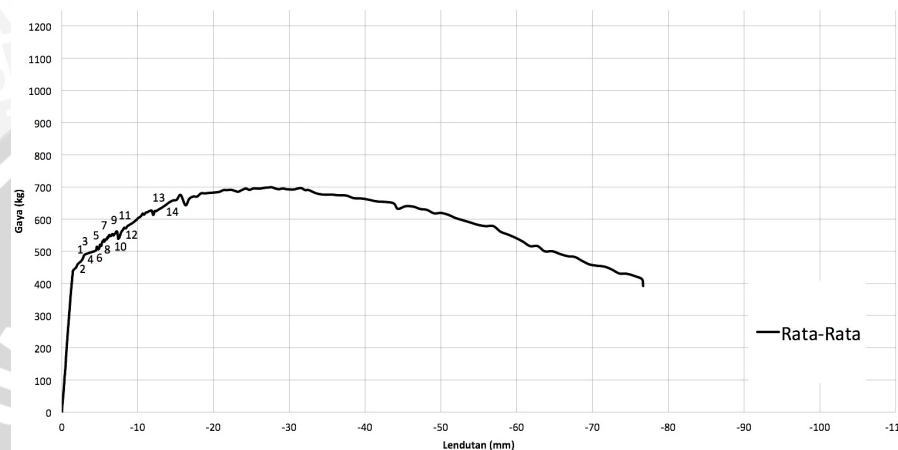




Pola Retak



A3



Retak pertama muncul pada bata beton sebagai tanda bahwa tegangan ikatan antara mortar dengan bata beton memiliki tegangan yang lebih besar untuk mengalami kegagalan karena bidang lentur pada daerah ikatan memiliki susunan penuh dari komponen bata beton berjumlah delapan buah bata. Lain halnya dengan daerah celah diperoleh bahwa bidang lentur daerah celah hanya terdiri dari empat buah bata beton. Hal ini yang mengakibatkan terjadinya retak pertama ditandai dengan runtuhnya bata bukan runtuhnya sambungan antar bata.

Setelah bata mengalami keruntuhan bata disusul oleh adanya retak yang terjadi pada sambungan antar bata. Pada sambungan antar bata terjadi gaya gesek antara mortar dengan bata beton dan juga gaya puntir dari grouting bertulang. Beban ultimit yang dapat dicapai oleh dinding ditunjukkan dengan seberapa kuat grouting dapat mengunci bata satu dengan yang lain. Keruntuhan total terjadi ketika bata telah hancur dan terpisah menjadi dua dibarengi dengan hilangnya gaya gesek mortar dengan bata dan grouting mengalami kegagalan torsi.

Daktilitas yang baik terjadi karena adanya tulangan di dalam bata dan juga di dalam grouting. Pengujian menunjukkan bahwa setelah dinding mencapai beban maksimum maka observasi dilakukan untuk mengetahui perilaku daktilitas dinding. Tulangan pada bata

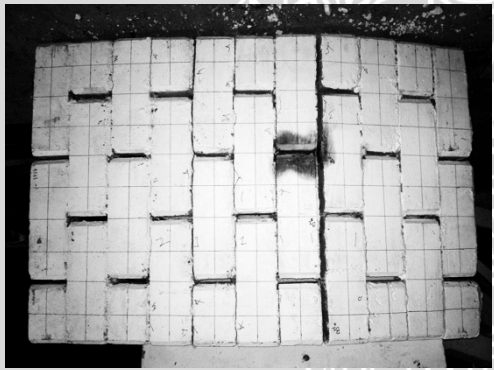
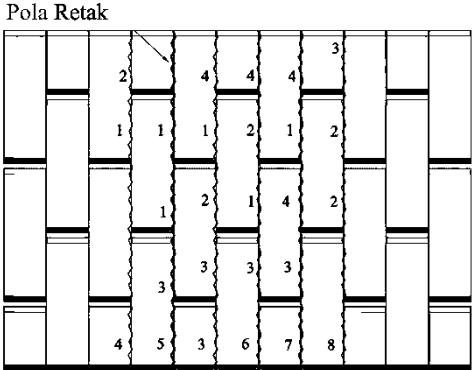
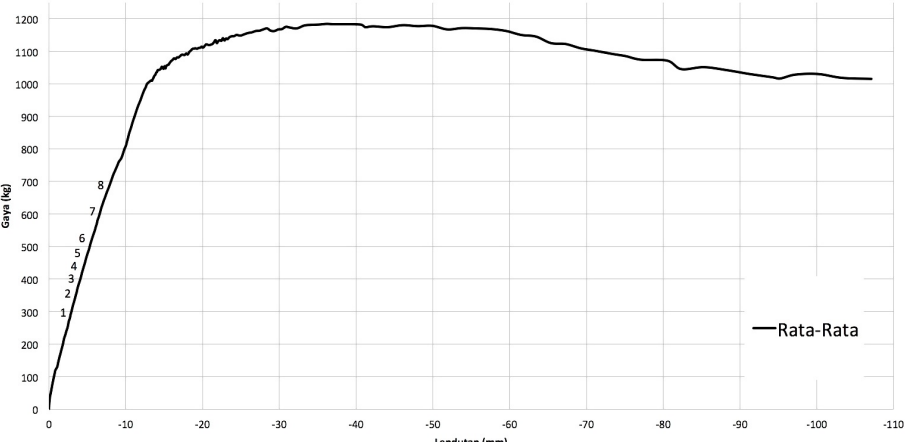
berfungsi sebagai pengikat antara bagian yang terpisah. Didukung dengan empat buah tulangan pada setiap penampang lebar pada dinding.

4.4.5 Pola retak dinding bercelah pada pembebanan beban garis sejajar siar horizontal (Dinding B)

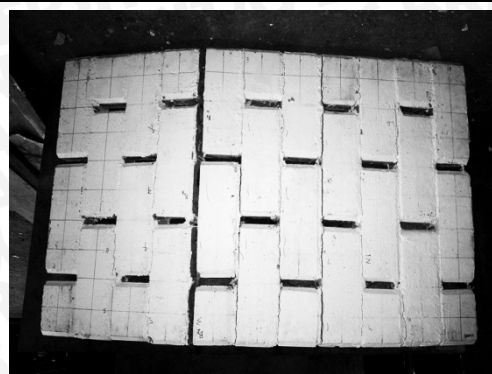
Model keruntuhan suatu struktur dapat dilihat dari pola retak yang terjadi. Semua benda uji dinding B memiliki pola retak yang sama, diawali dengan retak yang terjadi pada daerah tengah bentang atau daerah lentur murni disusul dengan munculnya retak pada daerah tepi bentang, ditunjukkan pada Tabel 4.4.5.

Pada dinding B retak hanya terjadi pada daerah lekatan antara mortar dengan bata beton. Disepanjang pengujian tidak terjadi retak akibat tegangan tarik lentur yang mengakibatkan runtuhnya suatu bata beton. Retak pertama muncul pada daerah lentur murni secara serentak sepanjang lebar garis dinding bercelah. Diawali dengan runtuhnya lekatan antara bata dengan mortar dan disusul dengan runtuhnya grouting karena beban lentur.

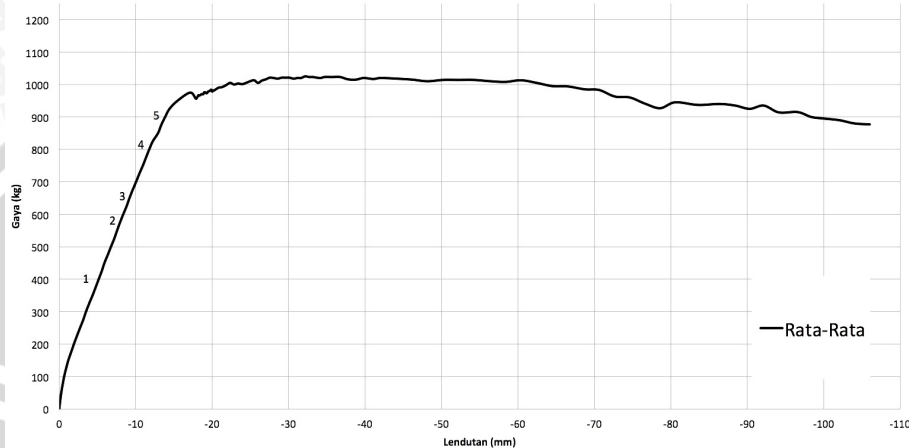
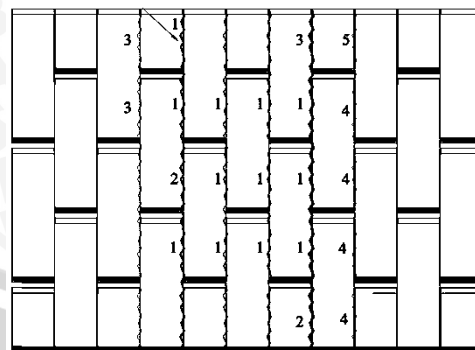
Tabel 4.4.5 Rekap retak dinding B

Dinding	Foto Hasil Eksperimen	Pola Retak
B1		
		

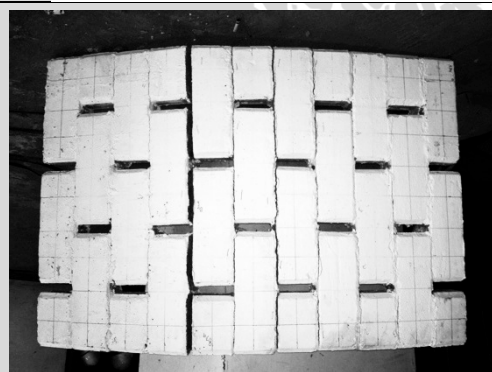
B2



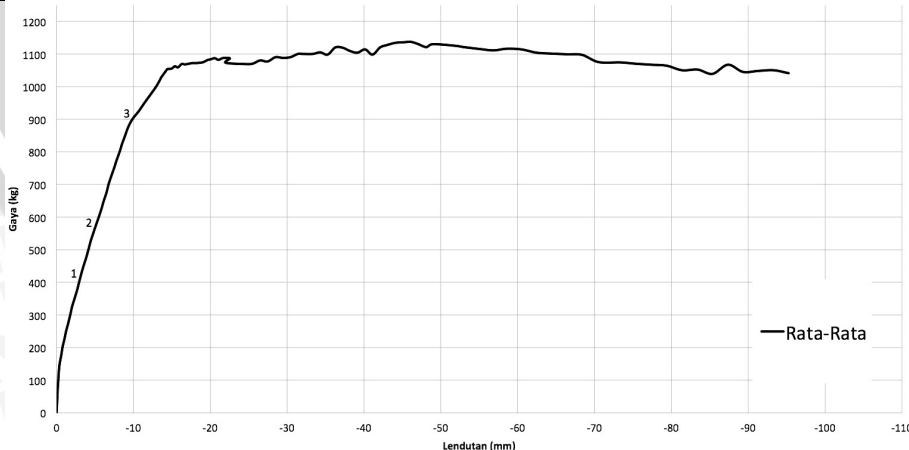
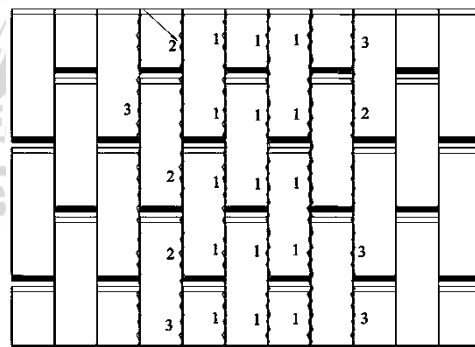
Pola Retak



B3



Pola Retak



Ketika mengamati ketiga respon beban dan lendutan dinding B didapati bahwa retak akibat lekatan mortar didekati dengan nilai 1/5 beban puncak yang dibutuhkan untuk

meruntuhkan dinding. Selebihnya elemen yang berperan menopang dinding untuk menahan lentur adalah grouting yang membentang sepanjang bentang dinding.

Daktilitas dinding diperoleh dari pengamatan respon beban dan didapati bahwa lentur yang terjadi mampu menghasilkan daktilitas dinding yang cukup baik. Ditunjukkan dengan dinding yang mampu menahan beban sampai menghasilkan lendutan yang cukup besar. Daktilitas diperoleh dari adanya tulangan pada grouting yang mengalami tegangan tarik di sepanjang pengujian sampai runtuh. Didukung pula dengan dibutuhkannya nilai tegangan yang besar untuk mengakibatkan bata beton hancur dalam menahan tegangan tekan pada daerah dinding bercelah bagian atas. Bata beton memiliki tulangan yang berfungsi sebagai perkuatan ketika bata beton tersebut mengalami tegangan tekan. Tulangan mampu berfungsi sebagai sengkang yang mengekang tegangan tarik akibat gaya tegak lurus pada daerah tekan dinding bercelah.

