

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Bahan – Bahan Dasar Pembuatan Beton

4.1.1 Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu semen PPC (*Portland Pozolan Cement*) jenis IP-U dari PT.Semen Gresik. Pengujian tidak dilakukan namun semen PPC telah memenuhi standar sesuai dengan SNI 15 – 0302 – 2004, serta telah memenuhi syarat pengujian kimia dan fisika sesuai dengan SNI 15 – 2049 – 2004.

4.1.2 Air

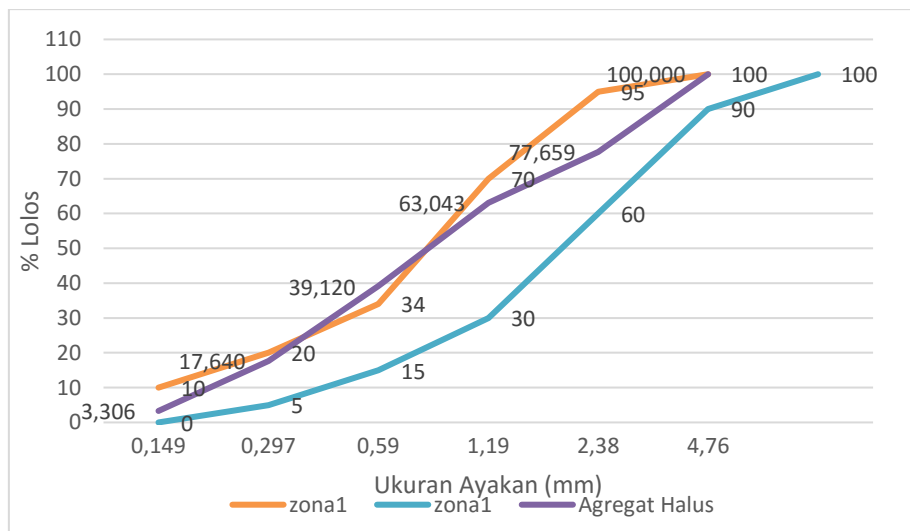
Air yang digunakan adalah air PDAM kota Malang yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh peraturan dan tidak dilakukan pengujian terhadap air.

4.1.3 Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan yaitu pasir Lumajang. Hasil pengujian agregat halus sebagai berikut:

1. Analisa Saringan dan Kadar Lumpur

Hasil pengujian analisa saringan pasir Lumajang masuk pada zona 1. Pembagian zona 1 agregat halus dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik analisa saringan pasir zona 1

Nilai modulus halus butir pasir Lumajang adalah 3,0668 %. Pasir ini memenuhi persyaratan ASTM C-33 yaitu 2,20%-3,10%. Dan kadar lumpur 0% karena telah dilakukan pencucian terhadap pasir tersebut.

2. Kadar Air

Hasil pengujian kadar air pasir didapatkan sebesar 0,05%. Kadar air diperlukan untuk memperhitungkan jumlah air yang terdapat atau dibutuhkan oleh agregat halus.

3. Berat Jenis dan Penyerapan Air

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air diperoleh berat jenis kering oven (*bulk*) sebesar 2,507 , berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*) sebesar 2,52 , berat jenis semu (*apparent*) sebesar 2,541 , dan penyerapan sebesar 0,526% dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1

Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Keterangan	Satuan	Nilai
Penyerapan Air (Absorption)	%	0,526
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	-	2,507
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	-	2,52
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)	-	2,541

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan

Berdasarkan nilai berat jenis agregat halus sesuai dengan syarat ASTM C-33 yaitu 1,6%-3,2% dan nilai penyerapan air sesuai dengan syarat ASTM C-33 yaitu 0,2% - 2%.

4.1.4 Agregat Kasar

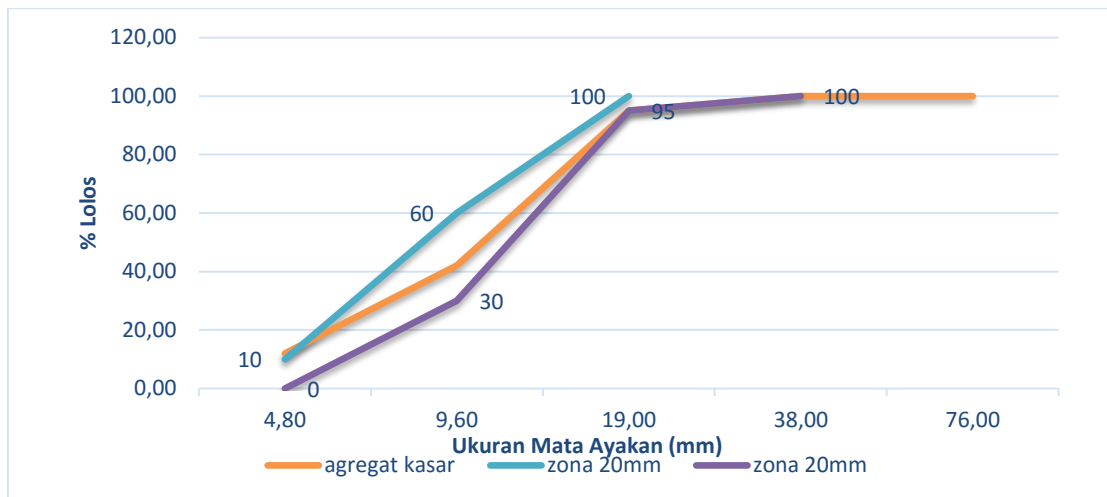
Agregat kasar yang digunakan yaitu kerikil dari Pasuruhan dan agregat *onyx* dari Tulungagung. Pengujian agregat kasar yang dilakukan yaitu analisa ayakan, kadar lumpur, berat jenis SSD, berat isi volume, penyerapan dan kadar air.

4.1.4.1 Agregat Kasar Kerikil

Hasil pengujian kerikil yang dilakukan sebagai berikut:

1. Analisa Saringan

Hasil pengujian analisa saringan kerikil masuk pada zona 2. Pembagian zona 2 agregat kasar kerikil dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik analisa saringan kerikil zona 2

Nilai modulus halus butir kerikil adalah 6,26 %. Kerikil ini memenuhi persyaratan ASTM C-33 yaitu 6%-7,1%. Dan kadar lumpur 0% karena telah dilakukan pencucian terhadap kerikil tersebut.

2. Kadar Air

Hasil pengujian kadar air kerikil didapatkan sebesar 0,0055%. Kadar air diperlukan untuk memperhitungkan jumlah air yang terdapat atau dibutuhkan oleh agregat kasar kerikil.

3. Berat Volume

Hasil pengujian berat volume kerikil diperoleh berat isi rata-rata sebesar 1,52 gram/cm³ sehingga kerikil memenuhi syarat agregat normal sesuai ASTM C-33 yaitu 1,6-1,9 kg/liter.

4. Berat Jenis dan Penyerapan Air

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air diperoleh berat jenis kering oven (*bulk*) sebesar 2,702 , berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*) sebesar 2,727, berat jenis semu (*apparent*) sebesar 2,772 , dan penyerapan sebesar 0,933% dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2

Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar Kerikil

Keterangan	Satuan	Nilai
Penyerapan Air (Absorption)	%	0,933
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	-	2,702
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	-	2,727
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)	-	2,772

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan

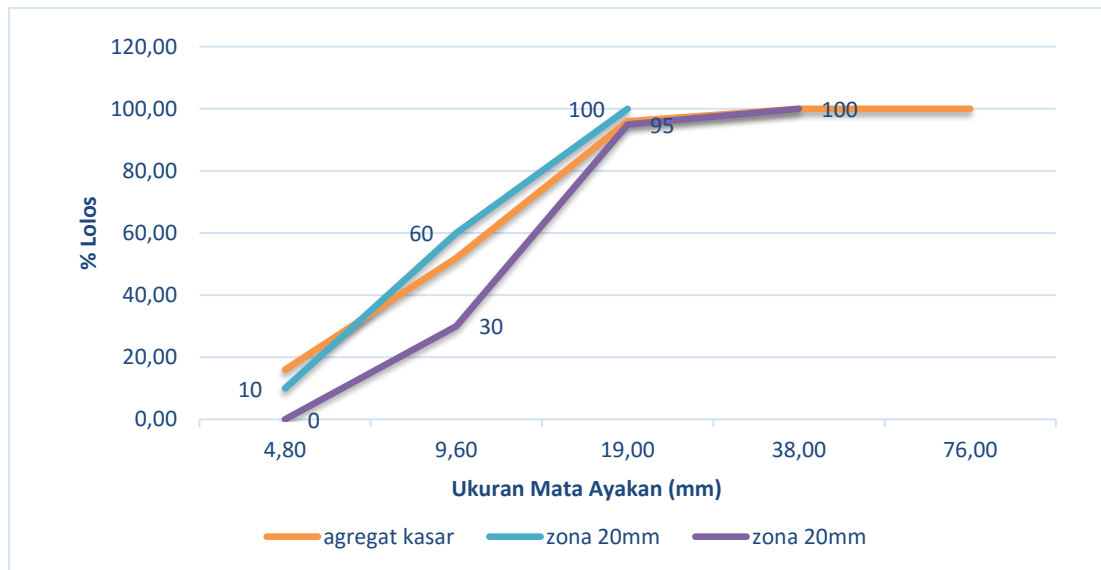
Berdasarkan nilai berat jenis agregat kasar kerikil sesuai dengan syarat ASTM C-33 yaitu 1,6%-3,2% dan nilai penyerapan air sesuai dengan syarat ASTM C-33 yaitu kurang dari 1%.

4.1.4.2 Agregat Kasar *Onyx*

Hasil pengujian agregat *onyx* yang dilakukan sebagai berikut:

1. Analisa Saringan

Hasil pengujian analisa saringan agregat *onyx* masuk pada zona 2. Pembagian zona 2 agregat kasar *onyx* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik analisa saringan agregat *onyx* zona 2

Nilai modulus halus butir agregat *onyx* adalah 5,96%. Agregat *onyx* ini tidak memenuhi persyaratan ASTM C-33 yaitu 6%-7,1%. Hal tersebut dikarenakan gradasi agregat dari limbah agregat *onyx* tidak dapat dibuat gradasi yang baik. Dan kadar lumpur 0% karena telah dilakukan pencucian terhadap agregat *onyx* tersebut.

2. Kadar Air

Hasil pengujian kadar air agregat *onyx* didapatkan sebesar 0,0055%. Kadar air diperlukan untuk memperhitungkan jumlah air yang terdapat atau dibutuhkan oleh agregat kasar agregat *onyx*.

3. Berat Volume

Hasil pengujian berat volume agregat *onyx* diperoleh berat isi rata-rata sebesar 1,45 gram/cm³ sehingga kerikil memenuhi syarat agregat normal sesuai ASTM C-33 yaitu 1,6-1,9 kg/liter.

4. Berat Jenis dan Penyerapan Air

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air diperoleh berat jenis kering oven (*bulk*) sebesar 2,702, berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*) sebesar 2,727, berat jenis semu (*apparent*) sebesar 2,772, dan penyerapan sebesar 0,933% dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.3

Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar Agregat *Onyx*

Keterangan	Satuan	Nilai
Penyerapan Air (Absorption)	%	0,933
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	-	2,702
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	-	2,727
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)	-	2,772

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan

Berdasarkan nilai berat jenis agregat kasar agregat *onyx* sesuai dengan syarat ASTM C-33 yaitu 1,6%-3,2% dan nilai penyerapan air sesuai dengan syarat ASTM C-33 yaitu kurang dari 1%.

4.2 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton atau *mix design* beton bertujuan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan-bahan penyusun beton. Hal ini dilakukan agar proporsi campuran dapat memenuhi syarat teknis pengujian.

Tabel 4.4

Mix Design Agregat *Onyx* dan Agregat Kerikil

No	Uraian	Tabel / Grafik	Agregat Onyx	Agregat Kerikil	Satuan
1	Kuat tekan yang disyaratkan (2 HR, 5%)	Ditetapkan	20	20	Mpa
2	Deviasi standar	Diketahui	-	-	
3	Nilai Tambah (Margin)	(K=1,64) 1,64*(2)	12	12	Mpa
4	Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan	(1) + (3)	32	32	Mpa
5	Jenis Semen	Ditetapkan	PPC	PPC	
6	Jenis Agregat Kasar	Ditetapkan	Agregat Onyx	Kerikil	
	Jenis Agregat Halus	Ditetapkan	Pasir Lumajang	Pasir Lumajang	
7	Faktor Air semen Bebas	Tabel 2, Grafik 1/2	0,4	0,4	
8	Faktor air semen Maksimum	Ditetapkan	0,6	0,6	

No	Uraian	Tabel / Grafik	Agregat Onyx	Agregat Kerikil	Satuan
9	Slump	Ditetapkan	60 - 180 mm	60 - 180 mm	
10	Ukuran Agregat Maksimum	Ditetapkan	20	20	mm
11	Kadar Air Bebas	Tabel 3	205	205	kg/m ³
12	Jumlah semen	(11) : (7)	512,5	512,5	kg/m ³
13	Jumlah Semen Maksimum	Ditetapkan	-	-	
14	Jumlah Semen Minimum	Tabel 4,5,6	275	275	kg/m ³
15	FAS yg disesuaikan	-	-	-	
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 - 6	Zona 1	Zona 1	
17	Persen agregat halus	Grafik 13 - 15	0,44	0,44	
18	Berat jenis relatif agregat (SSD)	Diketahui	2,569	2,636	kg/m ³
19	Berat isi beton	Grafik 16	2310	2360	kg/m ³
20	Kadar agregat gabungan	(19) - (11) - (12)	1592,5	1642,5	kg/m ³
21	Kadar agregat halus	(17) * (20)	700,7	722,7	kg/m ³
22	Kadar agregat kasar	(20) - (21)	891,8	919,8	kg/m ³

Tabel 4.5
Campuran Beton Normal

Banyaknya Bahan	Semen (kg)	Air (kg/lt)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Teoritis)	512,50	205,00	722,70	919,80
Tiap campuran uji 0,1 m3	51,25	20,50	72,27	91,98
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Aktual)	512,50	216,52	719,26	911,72
Tiap campuran uji 0,1 m3	51,25	21,65	71,93	91,17

Tabel 4.6
Campuran Beton *Onyx*

Banyaknya Bahan	Semen (kg)	Air (kg/lt)	Pasir (kg)	Onyx (kg)
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Teoritis)	512,50	205,00	700,70	891,80
Tiap campuran uji 0,1 m3	51,25	20,50	70,07	89,18
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Aktual)	512,50	211,29	697,37	888,84
Tiap campuran uji 0,1 m3	51,25	21,13	69,74	88,88

4.3 Pengujian Kuat Tarik Baja

Pengujian kuat tarik baja bertujuan untuk mendapatkan nilai kekuatan sebenarnya dari tulangan yang digunakan dalam penelitian ini. Tulangan baja yang digunakan terdiri dari tulangan Ø12 mm sebagai tulangan utama, dan tulangan Ø8 sebagai sengkang.

Tabel 4.7

Tegangan Leleh Baja Tulangan Ø 8 mm

Nama Pengukuran	Ø 8-1	Ø 8-2	Ø 8-3	Ø 8-4	Rata - Rata	Satuan
Diameter	7,670	7,690	7,450	7,450	7,565	mm
Panjang Awal	80	80	80	80	80,000	mm
Berat	362	364	342	342	352,500	gr/m
Luas Awal	46,160	46,420	43,610	43,610	44,950	mm ²
Beban Leleh	17,500	17,600	17,500	17,400	17,500	KN
Pertambahan Panjang Leleh	3,500	3,750	3	3,500	3,438	mm
Beban Putus	19	19,2	19,2	18,8	19,050	KN
Pertambahan Panjang Putus	33,500	32	33	36,750	33,813	mm
Py	17500	17600	17500	17400	17500	N
εy	4,375	4,688	3,750	4,375	4,297	%
fy	379,116	379,147	401,284	398,991	389,635	MPa
Pu	19000	19200	19200	18800	19050	N
εu	41,875	40,000	41,250	45,938	42,266	%
fu	411,612	413,615	440,266	431,094	424,147	MPa

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan

Tabel 4.8

Tegangan Leleh Baja Tulangan Ø 12 mm

Nama Pengukuran	Ø 12-1	Ø 12-2	Ø 12-3	Ø 12-4	Rata - Rata	Satuan
Diameter	11,770	11,790	11,840	11,830	11,808	mm
Panjang Awal	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	mm
Berat	853,330	855,830	863,330	861,600	858,523	gr/m
Luas Awal	108,847	109,140	110,100	109,890	109,494	mm ²
Beban Leleh	36,700	37,000	37,300	37,200	37,050	KN
Pertambahan Panjang Leleh	7,000	5,000	6,000	6,000	6,000	mm
Beban Putus	38,500	39,000	39,200	39,300	39,000	KN
Pertambahan Panjang Putus	53,000	50,000	56,000	47,000	51,500	mm
Py	36700	37000	37300	37200	37050	N
εy	5,833	4,167	5,000	5,000	5,000	%
fy	337,170	339,014	338,783	338,520	338,372	MPa

Nama Pengukuran	Ø 12-1	Ø 12-2	Ø 12-3	Ø 12-4	Rata - Rata	Satuan
Pu	38500	39000	39200	39300	39000	N
ϵ_u	44,167	41,667	46,667	39,167	42,917	%
fu	353,707	357,339	356,040	357,630	356,179	MPa

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan

4.4 Pengujian Beton Segar

Pengujian beton segar dilakukan dengan uji slump yang bertujuan untuk mengetahui kekentalan dan kemudahan pengerjaan campuran adukan beton. Hasil pengujian terdapat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9
Pengujian Slump

No	Beton Normal	Nilai Slump (cm)	Rata-rata Nilai Slump (cm)	Beton Onyx	Nilai Slump (cm)	Rata-rata Nilai Slump (cm)
1	N1	16	15,83	O1	15,6	15,39
2	N2	20		O2	15	
3	N3	18,3		O3	16	
4	N4	15		O4	14,5	
5	N5	15		O5	16	
6	N6	13,5		O6	15	
7	N7	15,5		O7	15,2	
8	N8	15		O8	15,6	
9	N9	14,8		O9	16	
10	N10	15,2		O10	15	

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan

Hasil pengujian beton segar agregat kerikil dan agregat *onyx* sesuai dengan nilai slump yang direncanakan yaitu 60-180 mm. Dimana rata-rata nilai slump beton normal 15,83 cm sedangkan rata-rata nilai slump beton *onyx* 15,39 cm.

4.5 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian beton keras dilakukan pengujian berupa kuat tekan benda uji silinder yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan setelah beton berusia 28 hari, dengan menggunakan alat “*Compression Testing Machine*”. Pada pengujian kuat tekan beton digunakan total 40 benda uji silinder, dengan masing – masing 20 buah benda uji untuk beton dengan agregat kasar agregat kerikil dan agregat kasar limbah *onyx*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11

Tabel 4.10
Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

No	Kode Beton	Umur (hari)	Berat (kg)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata Total (Mpa)
1	N1-S1	28	13,25	30,80	35,72
2	N1-S2	28	13	25,77	
3	N2-S1	28	13,15	30,91	
4	N3-S1	28	13,05	23,11	
5	N4-S1	28	13	31,78	
6	N5-S1	28	13	40,16	
7	N5-S2	28	13,25	43,68	
8	N6-S1	28	13,65	41,78	
9	N6-S2	28	13,3	30,11	
10	N7-S1	28	13,2	38,77	
11	N7-S2	28	13,15	37,67	
12	N8-S1	28	13,1	37,56	
13	N8-S2	28	13,6	39,87	
14	N9-S1	28	13,25	38,71	
15	N10-S1	28	13,05	41,03	
16	N10-S2	28	13	39,87	

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan

Tabel 4.11
Pengujian Kuat Tekan Beton *Onyx*

No	Kode Beton	Umur (hari)	Berat (kg)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata Total (Mpa)
1	O1-S1	28	12,5	31,78	32,92
2	O1-S2	28	13,15	37,56	
3	O2-S1	28	13,05	32,94	
4	O2-S1	28	12,9	27,56	
5	O3-S1	28	13,15	35,02	
6	O3-S2	28	13,1	31,20	
7	O4-S1	28	13,35	34,67	
8	O5-S1	28	13,2	32,94	
9	O6-S1	28	12,9	32,36	
10	O6-S2	28	13	32,94	
11	O7-S1	28	12,9	37,27	
12	O7-S2	28	13,05	31,72	
13	O8-S1	28	13,25	33,86	
14	O8-S2	28	13,25	27,79	
15	O9-S1	28	13,2	32,53	

No	Kode Beton	Umur (hari)	Berat (kg)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata Total (Mpa)
16	O9-S2	28	13	31,49	
17	O10-S1	28	13	32,99	
18	O10-S2	28	13,2	35,88	

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan

Dari tabel 4.8 dan 4.9 didapat hasil nilai perbandingan antara kuat tekan beton normal dan onyx, dimana kuat tekan beton normal rata – rata yaitu sebesar 35,72 Mpa dan untuk beton dengan agregat limbah onyx nilai kuat tekan rata – rata sebesar 32,92 Mpa. Menunjukkan kuat tekan rata – rata beton agregat onyx lebih kecil dari beton agregat normal namun masih memenuhi kuat tekan rencana yaitu 32 Mpa.

Untuk membuktikan kuat tekan rata – rata beton normal lebih besar daripada beton onyx dilakukan uji statistik berupa uji T.

Hipotesa : $H_0 = X_1 \leq X_2$, Kuat tekan beton onyx tidak lebih besar dari kuat tekan beton normal

$H_a = X_1 > X_2$, Kuat tekan beton onyx lebih baik dari kuat tekan beton normal

Uji t (perhitungan nilai t)

Tolak H_0 apabila harga t hitung(t_0) sama atau lebih besar dari harga tabel ($t(1-\alpha)(db)$)

Uji Homogenitas

Hipotesis : $H_0 = X_1 \geq X_2$ Kedua varians homogen

$H_a = X_1 < X_2$ Kedua varian tidak homogen (heterogen)

Uji F (perhitungan nilai F)

Tolak H_0 apabila harga Fhitung(F_0) sama atau lebih besar dari harga Ftab ($F(\alpha)(n_1-1, n_2-1)$)

Tabel 4.12

Perhitungan Nilai Rata – rata Kuat Tekan Beton *Onyx*

No	Kode	X	Xrt	X-Xrt	(X-Xrt) ²
1	O1-S1	31,78	32,92	-1,14	1,29
2	O1-S2	37,56		4,64	21,56
3	O2-S1	32,94		0,02	0,0004
4	O2-S1	27,56		-5,36	28,69
5	O3-S1	35,02		2,10	4,42
6	O3-S2	31,2		-1,72	2,95
7	O4-S1	34,67		1,75	3,07
8	O5-S1	32,94		0,02	0,0004
9	O6-S1	32,36		-0,56	0,31
10	O6-S2	32,94		0,02	0,0004
11	O7-S1	37,27		4,35	18,95

No	Kode	X	Xrt	X-Xrt	(X-Xrt) ²
12	O7-S2	31,72		-1,20	1,43
13	O8-S1	33,86		0,94	0,89
14	O8-S2	27,79		-5,13	26,28
15	O9-S1	32,53		-0,39	0,15
16	O9-S2	31,49		-1,43	2,04
17	O10-S1	32,99		0,07	0,014
18	O10-S2	35,88		2,96	8,78
Jumlah					120,83

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X - Xrt)^2}{(n - 1)}}$$

$$Sd \text{ Onyx} = \sqrt{\frac{120,83}{(18 - 1)}}$$

$$Sd \text{ onyx} = 2,66603$$

$$S^2 \text{ onyx} = 7,10769$$

Tabel 4.13

Perhitungan Nilai Rata – rata Kuat Tekan Beton Normal

No	Kode Beton	X	Xrt	X-Xrt	(X-Xrt) ²
1	N1-S1	30,8	35,72	-4,92	24,24
2	N1-S2	25,77		-9,95	99,08
3	N2-S1	30,91		-4,81	23,17
4	N3-S1	23,11		-12,61	159,11
5	N4-S1	31,78		-3,94	15,55
6	N5-S1	40,16		4,44	19,68
7	N5-S2	43,68		7,96	63,30
8	N6-S1	41,78		6,06	36,68
9	N6-S2	30,11		-5,61	31,51
10	N7-S1	38,77		3,05	9,28
11	N7-S2	37,67		1,95	3,79
12	N8-S1	37,56		1,84	3,37
13	N8-S2	39,87		4,15	17,19
14	N9-S1	38,71		2,99	8,92
15	N10-S1	41,03		5,31	28,16
16	N10-S2	39,87		4,15	17,19
Jumlah					560,22

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X - Xrt)^2}{(n - 1)}}$$

$$Sd \text{ Normal} = \sqrt{\frac{560,22}{(16 - 1)}}$$

Sd normal = 6,11132

S^2 normal = 37,3482

Tabel 4.14
Perbandingan Nilai Onyx dan Normal

Dicari	Onyx	Normal
Jumlah sampel (n)	18	16
Rata - rata (x)	32,92	35,72
Simpangan baku (Sd)	2,6660	6,1113
Varians (S^2)	7,1077	37,3482

$$F \text{ hitung} = \frac{S^2 \text{ Onyx}}{S^2 \text{ Normal}}$$

$$F \text{ hitung} = \frac{7,1077}{37,3482}$$

$$F \text{ hitung} = 0.19031$$

$$F_{0,05(17,15)} = 2.36827$$

$F \text{ hit} < F \text{ tab}$, H_0 diterima kedua Variasi homogen

Perhitungan T

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(18 - 1)7,10769 + (16 - 1)37,3482}{18 + 16 - 2}}$$

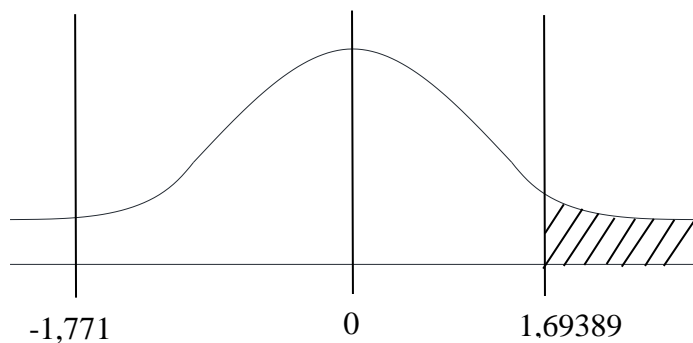
$$S = 4.6133$$

$$T \text{ hit} = \frac{x_1 - x_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$T \text{ hit} = \frac{32,92 - 35,72}{4,61334 \sqrt{\frac{1}{18} + \frac{1}{16}}}$$

$$T \text{ hit} = -1,771$$

$$t \text{ tabel } T_{0,05(32)} = 1,69389$$



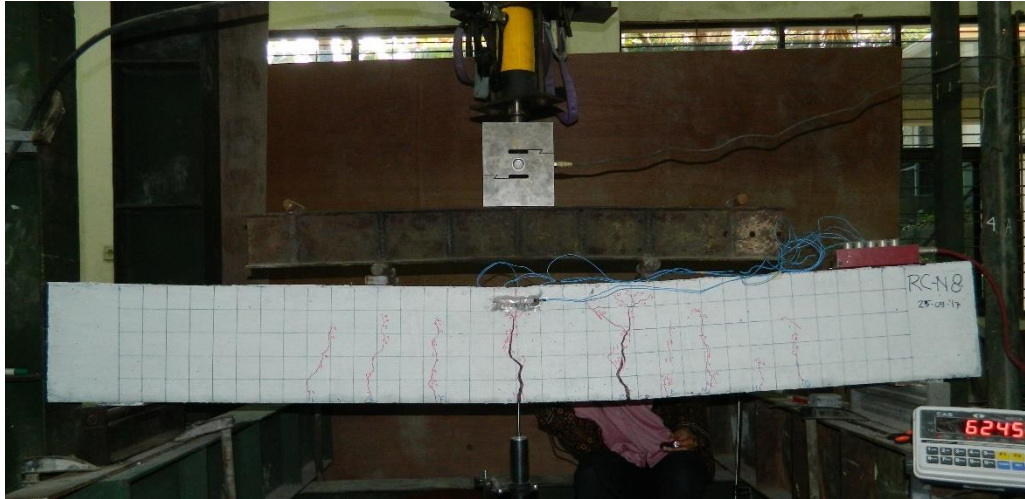
Gambar 4.4 Distribusi T satu arah

Tolak H_0 apabila harga thitung(t_0) sama atau lebih besar dari harga ttabel ($T(\alpha)(db)$), H_0 diterima kuat tekan beton *onyx* tidak lebih besar dari kuat tekan beton normal.

4.6 Hasil Lebar Retak

4.6.1 Pengamatan Lebar Retak Balok Beton Bertulang Normal RC-N1 sampai dengan RC-N10

Berikut merupakan salah satu gambar pengamatan lebar retak pada beton normal RC-N8 yang telah dilakukan.



Gambar 4.5 Pengamatan lebar retak RC-N8

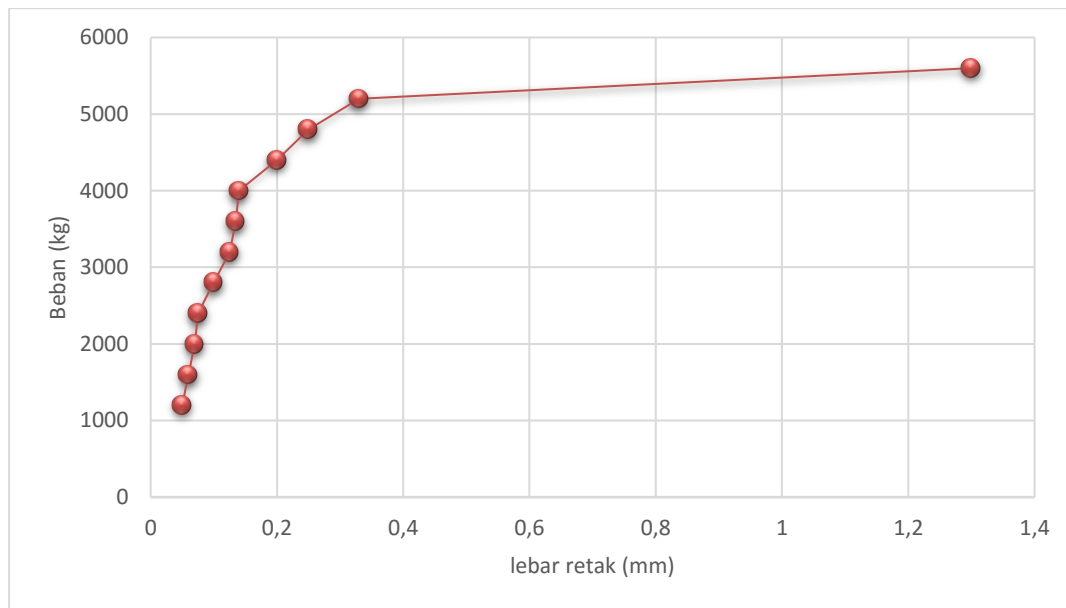
4.6.1.1 Lebar Retak RC-N1

Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.15

Tabel 4.15

Pengamatan Lebar Retak RC-N1

Beban (kg)	Lebar Retak (mm)
1200	0,050
1600	0,060
2000	0,070
2400	0,075
2800	0,100
3200	0,125
3600	0,135
4000	0,140
4400	0,200
4800	0,250
5200	0,330
5600	1,300



Gambar 4.6 Hubungan beban dengan lebar retak RC-N1

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang normal RC – N1, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 1200 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,05 mm. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC-N1 yaitu 0,114. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – N1 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 1,3 mm.

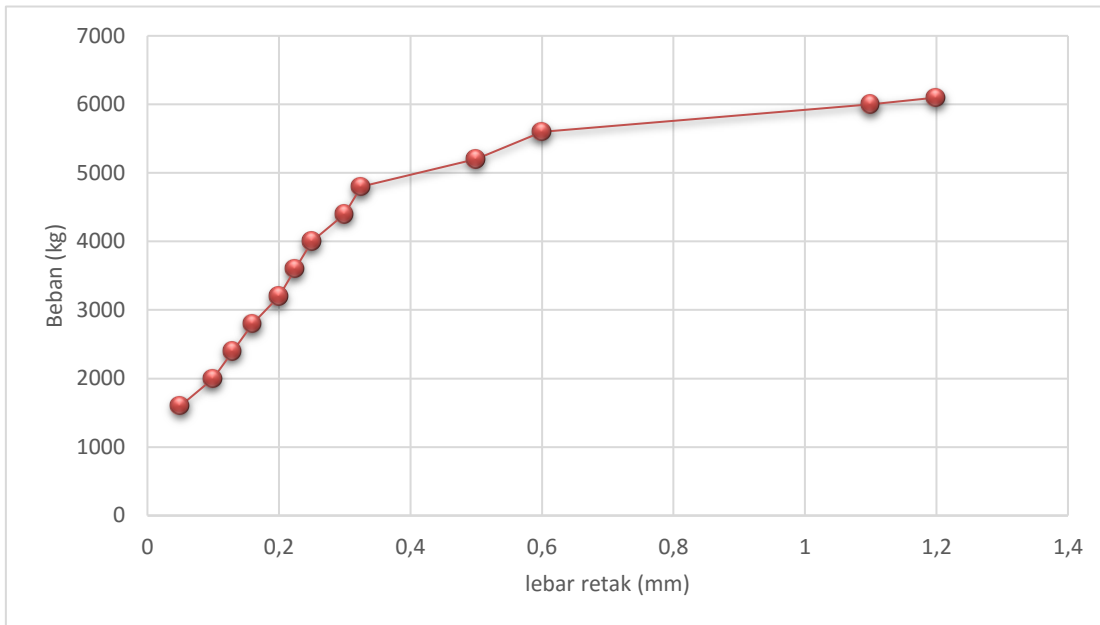
4.6.1.2 Lebar Retak RC-N2

Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.16

Tabel 4.16
Pengamatan Lebar Retak RC-N2

Beban (kg)	Lebar Retak (mm)
1600	0,050
2000	0,100
2400	0,130
2800	0,160
3200	0,200
3600	0,225
4000	0,250
4400	0,300
4800	0,325
5200	0,500
5600	0,600

6000	1,100
6100	1,200



Gambar 4.7 Hubungan beban dengan lebar retak RC-N2

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang normal RC – N2, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 1600 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,05 mm. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC-N2 yaitu 0,096. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – N2 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 1,2 mm.

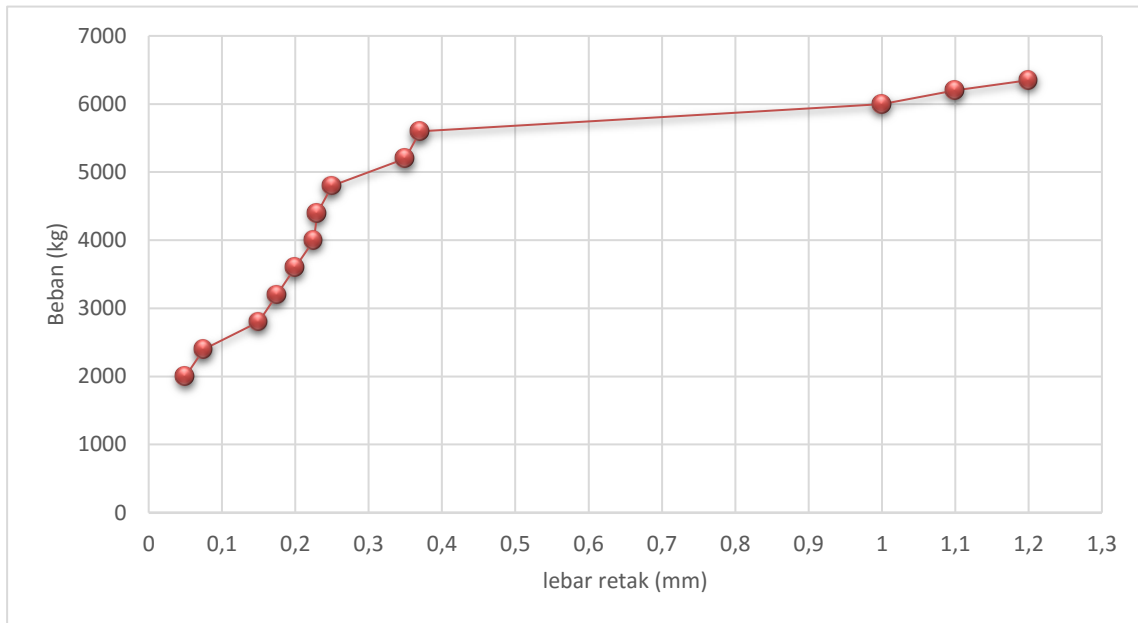
4.6.1.3 Lebar Retak RC-N3

Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.17

Tabel 4.17
Pengamatan Lebar Retak RC-N3

Beban (kg)	Lebar Retak (mm)
2000	0,050
2400	0,075
2800	0,150
3200	0,175
3600	0,200
4000	0,225
4400	0,230
4800	0,250

5200	0,350
5600	0,370
6000	1,000
6200	1,100
6350	1,200



Gambar 4.8 Hubungan beban dengan lebar retak RC-N3

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang normal RC – N3, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 2000 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,05 mm. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC-N3 yaitu 0,096. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – N3 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 1,2 mm.

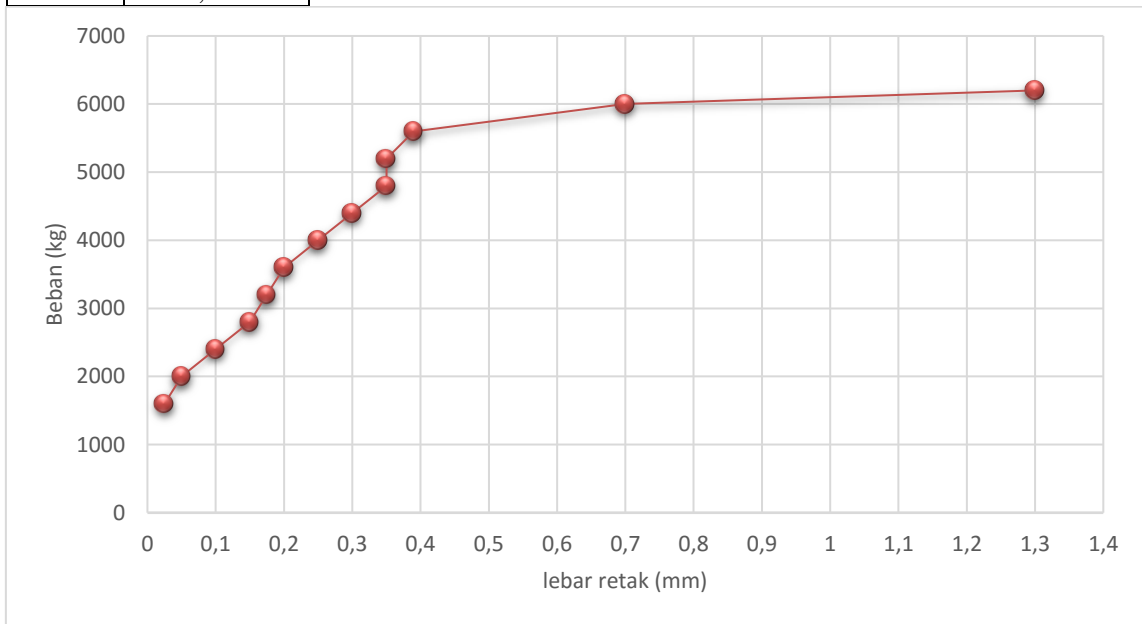
4.6.1.4 Lebar Retak RC-N4

Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.18

Tabel 4.18
Pengamatan lebar retak RC-N4

Beban (Kg)	Lebar Retak (mm)
1600	0,025
2000	0,050
2400	0,100
2800	0,150
3200	0,175

3600	0,200
4000	0,250
4400	0,300
4800	0,350
5200	0,350
5600	0,390
6000	0,700
6200	1,300



Gambar 4.9 Hubungan beban dengan lebar retak RC-N4

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang normal RC – N4, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 1600 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,025 mm. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC-N4 yaitu 0,106. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – N4 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 1,3 mm.

4.6.1.5 Lebar Retak RC-N5

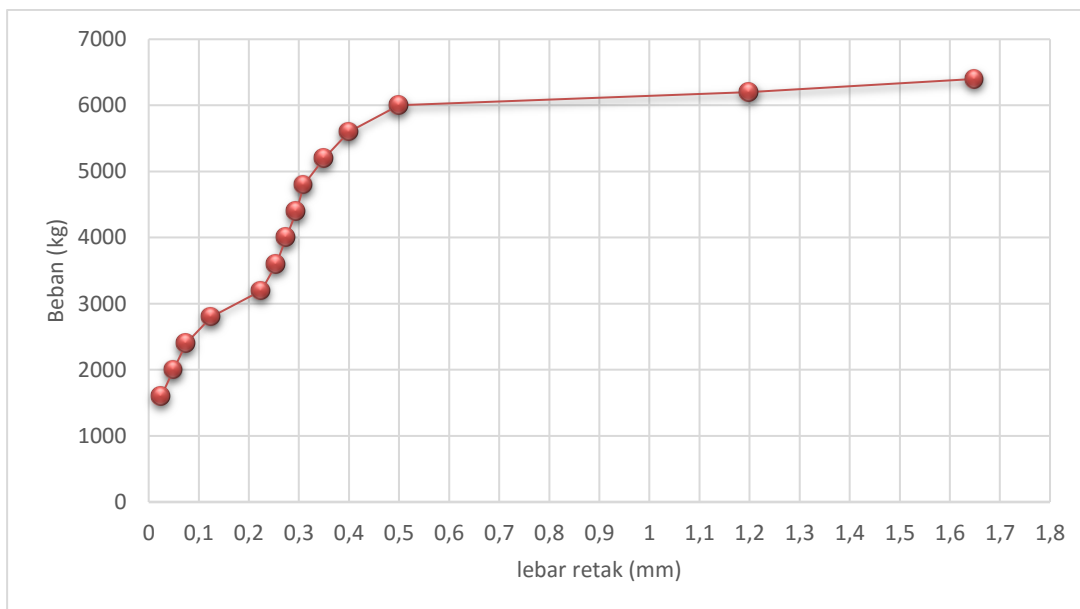
Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.19

Tabel 4.19

Pengamatan lebar retak RC-N5

Beban (kg)	lebar retak (mm)
1600	0,025

2000	0,050
2400	0,075
2800	0,125
3200	0,225
3600	0,255
4000	0,275
4400	0,295
4800	0,310
5200	0,350
5600	0,400
6000	0,500
6200	1,200
6400	1,650



Gambar 4.10 Hubungan beban dengan lebar retak RC-N5

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang normal RC – N5, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 1600 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,025 mm. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC-N5 yaitu 0,125. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – N5 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 1,65 mm.

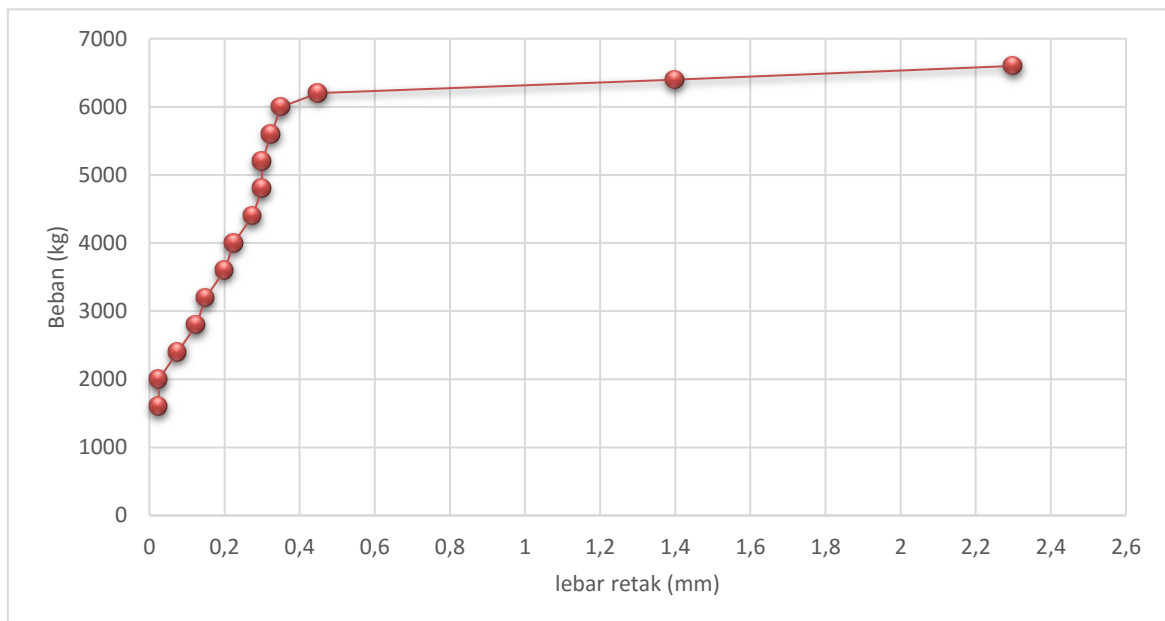
4.6.1.6 Lebar Retak RC-N6

Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.20

Tabel 4.20

Pengamatan lebar retak RC-N6

Beban (kg)	Lebar Retak (mm)
1600	0,025
2000	0,025
2400	0,075
2800	0,125
3200	0,150
3600	0,200
4000	0,225
4400	0,275
4800	0,300
5200	0,300
5600	0,325
6000	0,350
6200	0,450
6400	1,400
6600	2,300



Gambar 4.11 Hubungan beban dengan lebar retak RC-N6

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang normal RC – N6, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 1600 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,025 mm. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC-N6 yaitu 0,163. Lebar retak yang terjadi

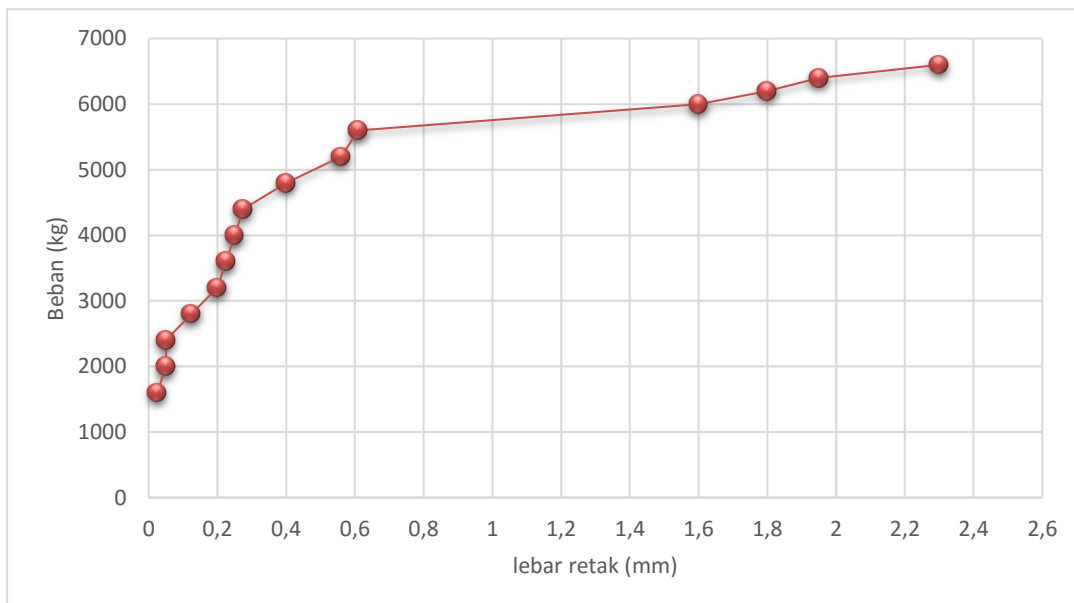
bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – N6 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 2,3 mm.

4.6.1.7 Lebar Retak RC-N7

Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.21

Tabel 4.21
Pengamatan lebar retak RC-N7

Beban (kg)	lebar retak (mm)
1600	0,025
2000	0,050
2400	0,050
2800	0,125
3200	0,200
3600	0,225
4000	0,250
4400	0,275
4800	0,400
5200	0,560
5600	0,610
6000	1,600
6200	1,800
6400	1,950
6600	2,300



Gambar 4.12 Hubungan beban dengan lebar retak RC-N7

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang normal RC – N7, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 1600 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,025 mm. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC-N7 yaitu 0,163. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – N7 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 2,3 mm.

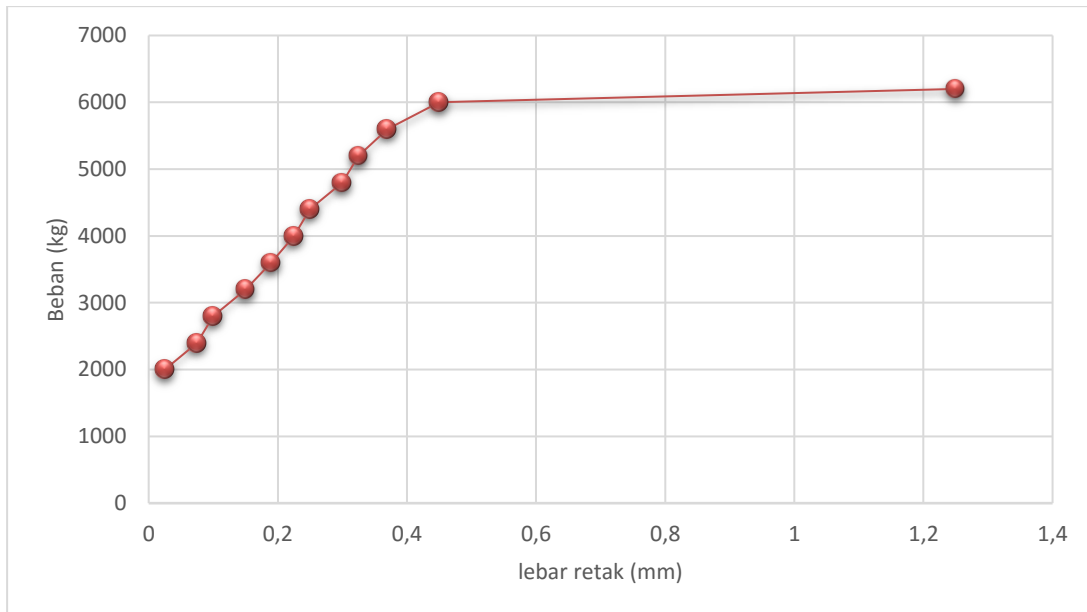
4.6.1.8 Lebar Retak RC-N8

Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.22

Tabel 4.22

Pengamatan lebar retak RC-N8

Beban (kg)	lebar retak (mm)
2000	0,025
2400	0,075
2800	0,100
3200	0,150
3600	0,190
4000	0,225
4400	0,250
4800	0,300
5200	0,325
5600	0,370
6000	0,450
6200	1,250



Gambar 4.13 Hubungan beban dengan lebar retak RC-N8

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang normal RC – N8, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 2000 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,025 mm. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC-N8 yaitu 0,111. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – N8 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 1,25 mm.

4.6.1.9 Lebar Retak RC-N9

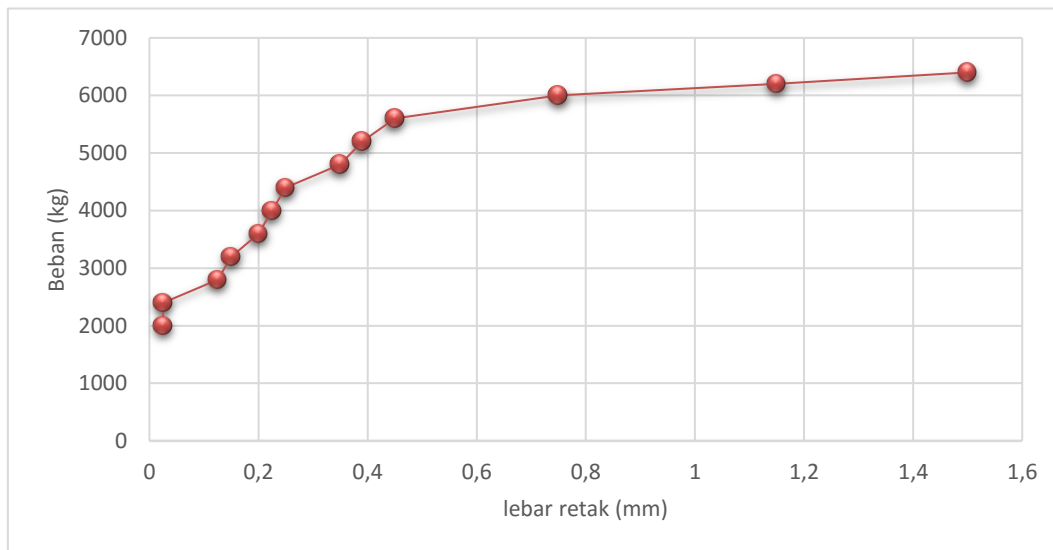
Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.23

Tabel 4.23

Pengamatan lebar retak RC-N9

Beban (kg)	lebar retak (mm)
2000	0,025
2400	0,025
2800	0,125
3200	0,150
3600	0,200
4000	0,225
4400	0,250
4800	0,350
5200	0,390
5600	0,450

6000	0,750
6200	1,150
6400	1,500



Gambar 4.14 Hubungan beban dengan lebar retak RC-N9

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang normal RC – N9, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 2000 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,025 mm. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC-N9 yaitu 0,128. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – N9 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 1,5 mm.

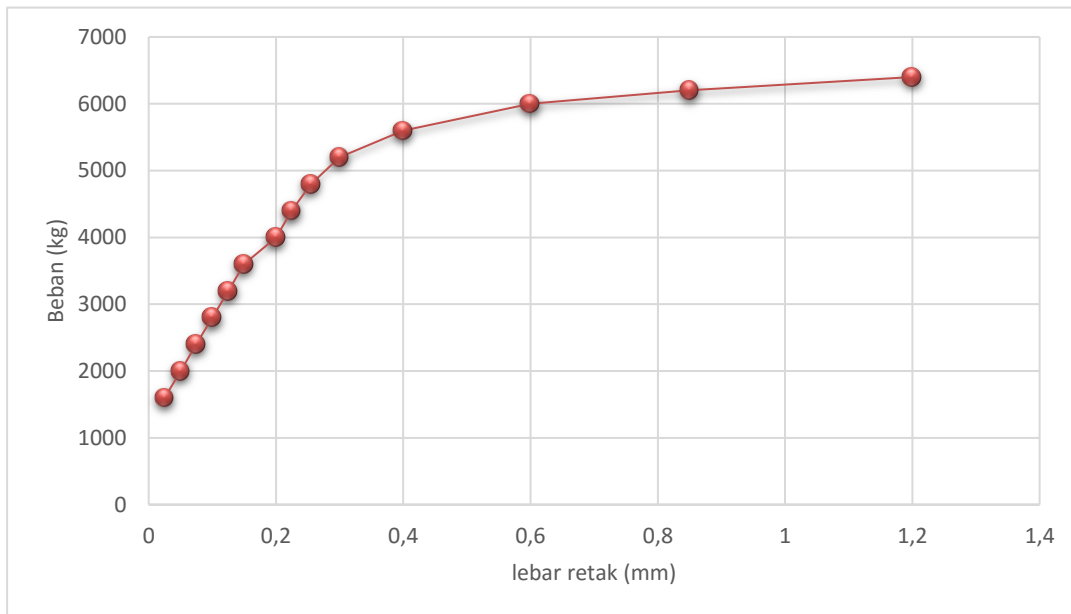
4.6.1.10 Lebar Retak RC-N10

Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.24

Tabel 4.24
Pengamatan lebar retak RC-N10

Beban (kg)	lebar retak (mm)
1600	0,025
2000	0,050
2400	0,075
2800	0,100
3200	0,125
3600	0,150
4000	0,200

4400	0,225
4800	0,255
5200	0,300
5600	0,400
6000	0,600
6200	0,850
6400	1,200

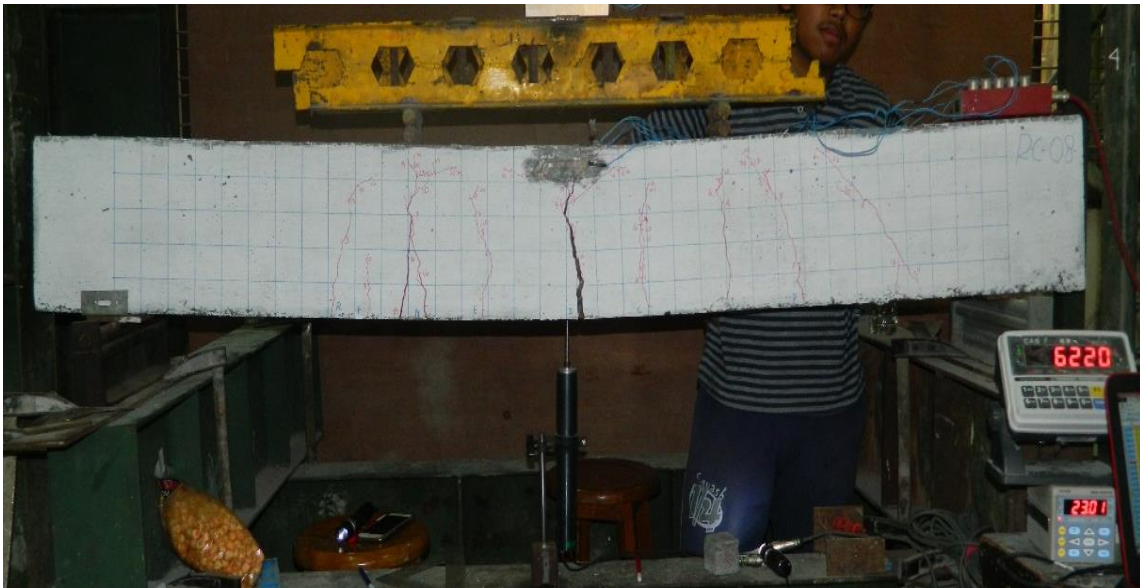


Gambar 4.15 Hubungan beban dengan lebar retak RC-N10

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang normal RC – N10, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 1600 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,025 mm. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC-N10 yaitu 0,09. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – N10 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 1,2 mm.

4.6.2 Pengamatan Lebar Retak Balok Beton Bertulang *Onyx* RC-O1 sampai dengan RC-O10

Berikut merupakan salah satu gambar pengamatan lebar retak pada beton *onyx* RC-O8 yang telah dilakukan.



Gambar 4.16 Pengamatan lebar retak RC-08

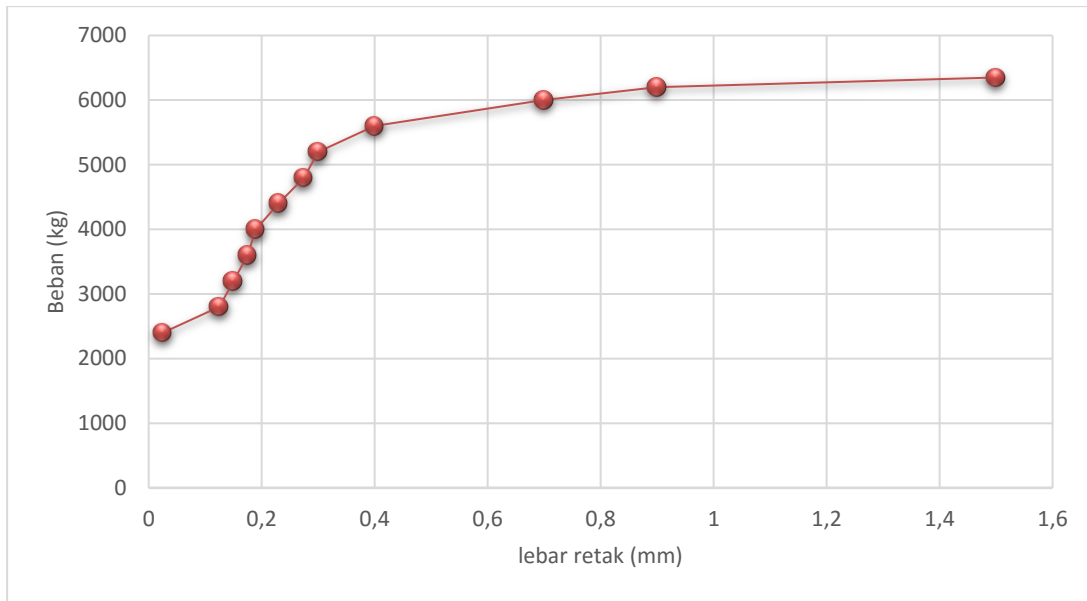
4.6.2.1 Lebar Retak RC-01

Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.25

Tabel 4.25

Pengamatan lebar retak RC-01

Beban (kg)	lebar retak (mm)
2400	0,025
2800	0,125
3200	0,150
3600	0,175
4000	0,190
4400	0,230
4800	0,275
5200	0,300
5600	0,400
6000	0,700
6200	0,900
6350	1,500



Gambar 4.17 Hubungan beban dengan lebar retak RC-O1

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang *onyx* RC – O1, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 2400 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,025 mm. Dimana beton *onyx* membutuhkan beban lebih besar untuk terjadi retak pertama, hal tersebut menunjukkan bahwa beton *onyx* lebih daktail daripada beton normal. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC – O1 yaitu 0,134. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – O1 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 1,5 mm.

4.6.2.2 Lebar Retak RC-O2

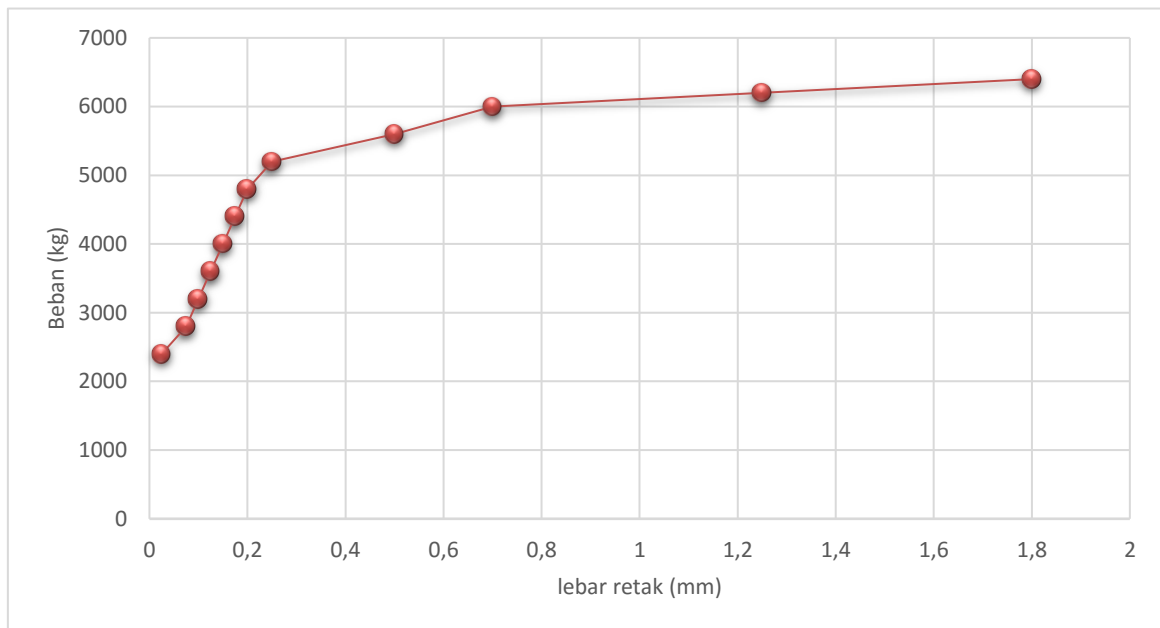
Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.26

Tabel 4.26

Pengamatan lebar retak RC-O2

Beban (kg)	lebar retak (mm)
2400	0,025
2800	0,125
3200	0,150
3600	0,175
4000	0,190
4400	0,230
4800	0,275
5200	0,300
5600	0,400

6000	0,700
6200	0,900
6350	1,500



Gambar 4.18 Hubungan beban dengan lebar retak RC-O2

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang *onyx* RC – O2, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 2400 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,025 mm. . Dimana beton *onyx* membutuhkan beban lebih besar untuk terjadi retak pertama, hal tersebut menunjukkan bahwa beton *onyx* lebih daktil daripada beton normal. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC – O2 yaitu 0,161. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – O2 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 1,8 mm.

4.6.2.3 Lebar Retak RC-O3

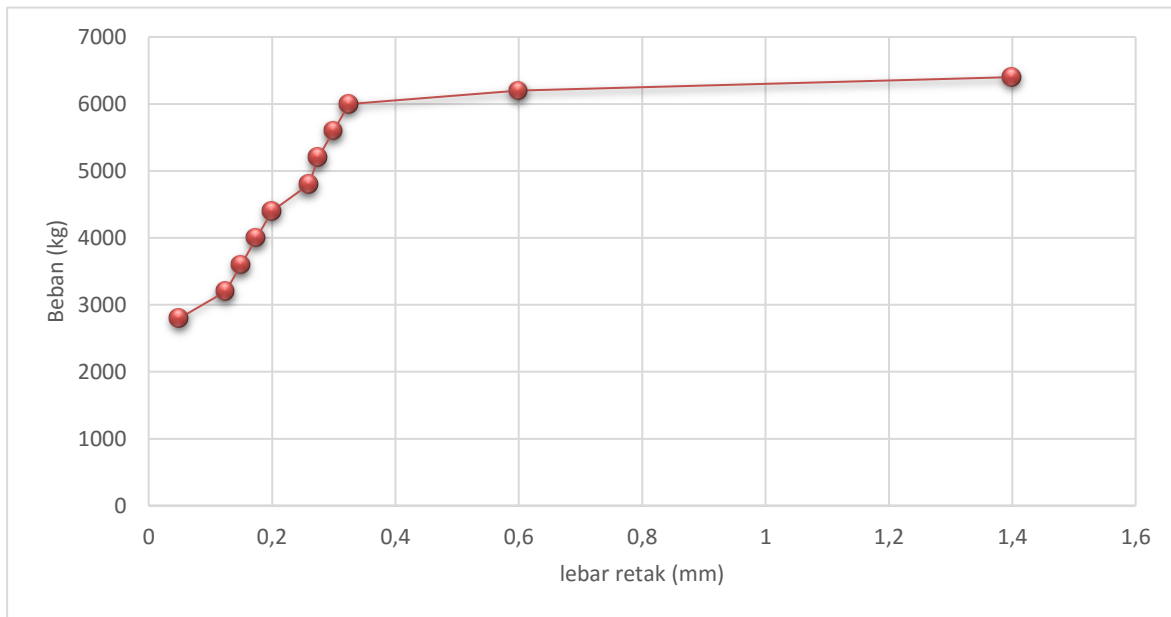
Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.27

Tabel 4.27

Pengamatan lebar retak RC-O3

Beban (kg)	lebar retak (mm)
2800	0,050
3200	0,125
3600	0,150
4000	0,175

4400	0,200
4800	0,260
5200	0,275
5600	0,300
6000	0,325
6200	0,600
6400	1,400



Gambar 4.19 Hubungan beban dengan lebar retak RC-O3

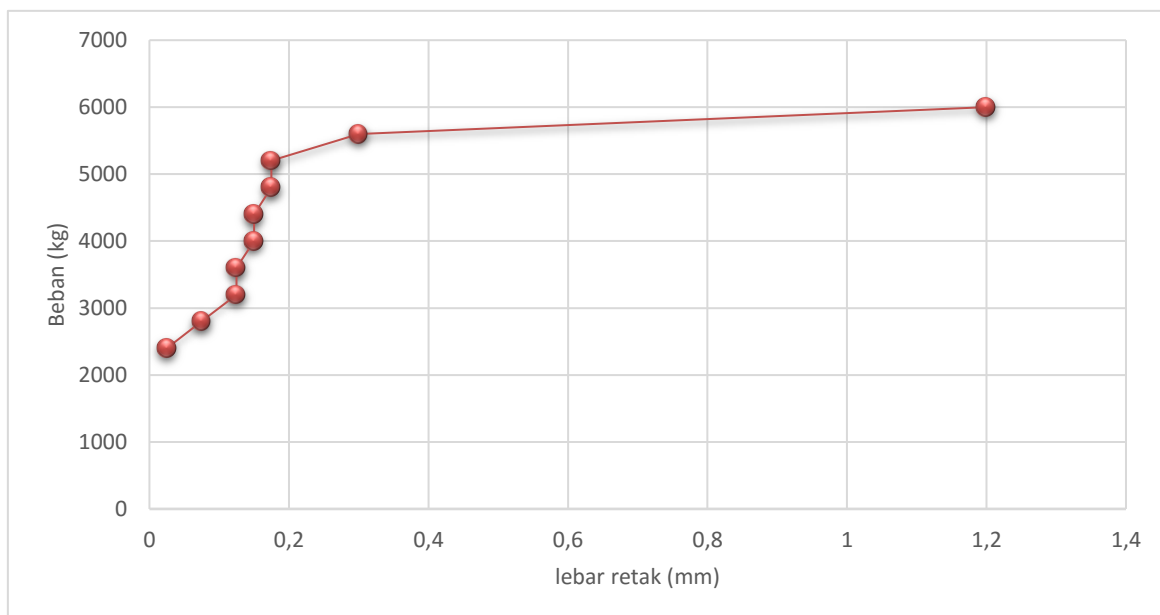
Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang *onyx* RC – O3, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 2800 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,05 mm. . Dimana beton *onyx* membutuhkan beban lebih besar untuk terjadi retak pertama, hal tersebut menunjukkan bahwa beton *onyx* lebih daktail daripada beton normal. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC – O3 yaitu 0,135. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – O3 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 1,4 mm.

4.6.2.4 Lebar Retak RC-O4

Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.28

Tabel 4.28
Pengamatan lebar retak RC-O4

Beban (kg)	lebar retak (mm)
2400	0,025
2800	0,075
3200	0,125
3600	0,125
4000	0,150
4400	0,150
4800	0,175
5200	0,175
5600	0,300
6000	1,200



Gambar 4.20 Hubungan beban dengan lebar retak RC-O4

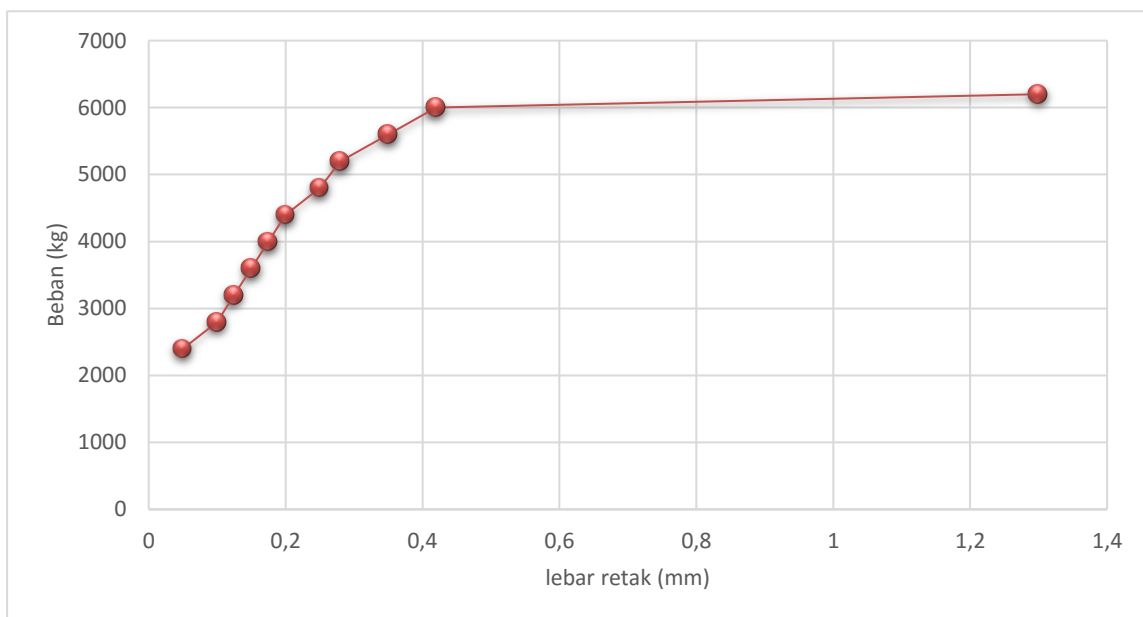
Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang *onyx* RC – O4, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 2400 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,025 mm. . Dimana beton *onyx* membutuhkan beban lebih besar untuk terjadi retak pertama, hal tersebut menunjukkan bahwa beton *onyx* lebih daktil daripada beton normal. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC – O4 yaitu 0,131. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – O4 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 1,2 mm.

4.6.2.5 Lebar Retak RC-O5

Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.29

Tabel 4.29
Pengamatan lebar retak RC-O5

Beban (kg)	lebar retak (mm)
2400	0,050
2800	0,100
3200	0,125
3600	0,150
4000	0,175
4400	0,200
4800	0,250
5200	0,280
5600	0,350
6000	0,420
6200	1,300



Gambar 4.21 Hubungan beban dengan lebar retak RC-O5

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang *onyx* RC – O5, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 2400 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,05 mm. . Dimana beton *onyx* membutuhkan beban lebih besar untuk terjadi retak pertama, hal tersebut menunjukkan bahwa beton *onyx* lebih daktail daripada beton normal. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC – O5 yaitu 0,125. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit

demikian sedikit pada penelitian beton RC – O5 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 1,3 mm.

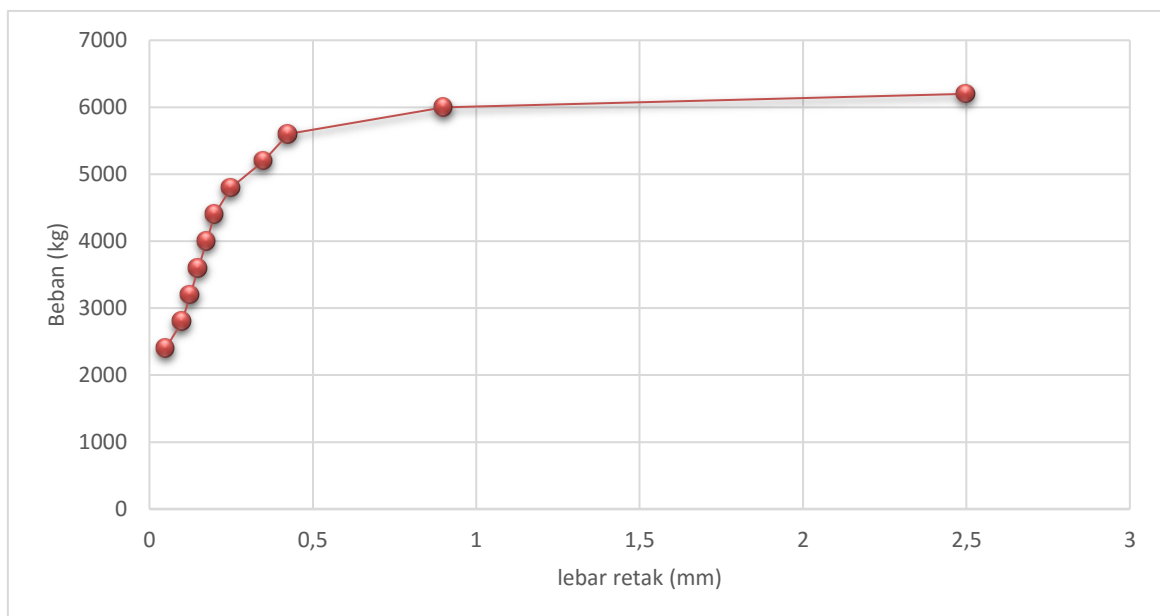
4.6.2.6 Lebar Retak RC-O6

Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.30

Tabel 4.30

Pengamatan lebar retak RC-O6

Beban (kg)	lebar retak (mm)
2400	0,050
2800	0,100
3200	0,125
3600	0,150
4000	0,175
4400	0,200
4800	0,250
5200	0,350
5600	0,425
6000	0,900
6200	2,500



Gambar 4.22 Hubungan beban dengan lebar retak RC-O6

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang *onyx* RC – O6, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 2400 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,05 mm. . Dimana beton *onyx* membutuhkan

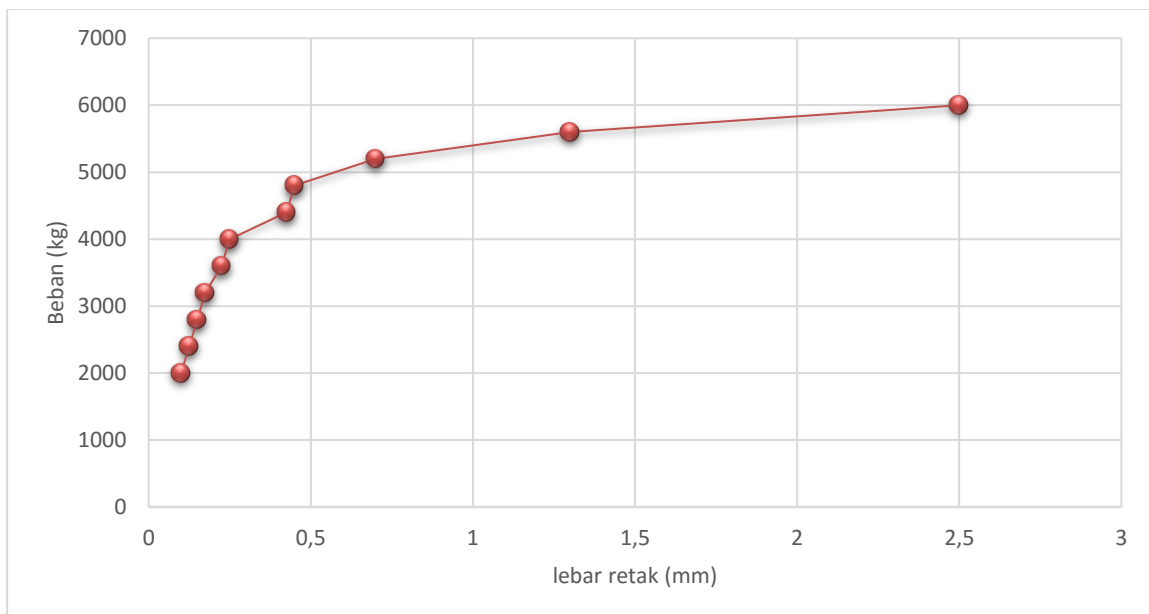
beban lebih besar untuk terjadi retak pertama, hal tersebut menunjukkan bahwa beton *onyx* lebih daktil daripada beton normal. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC – O6 yaitu 0,245. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – O6 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 2,5 mm.

4.6.2.7 Lebar Retak RC-O7

Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.31

Tabel 4.31
Pengamatan lebar retak RC-O7

Beban (kg)	lebar retak (mm)
2000	0,100
2400	0,125
2800	0,150
3200	0,175
3600	0,225
4000	0,250
4400	0,425
4800	0,450
5200	0,700
5600	1,300
6000	2,500



Gambar 4.23 Hubungan beban dengan lebar retak RC-O7

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang *onyx* RC – O7, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 2000 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,1 mm. . Dimana beton *onyx* membutuhkan beban lebih besar untuk terjadi retak pertama, hal tersebut menunjukkan bahwa beton *onyx* lebih daktil daripada beton normal. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC – O7 yaitu 0,24. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – O7 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 2,5 mm.

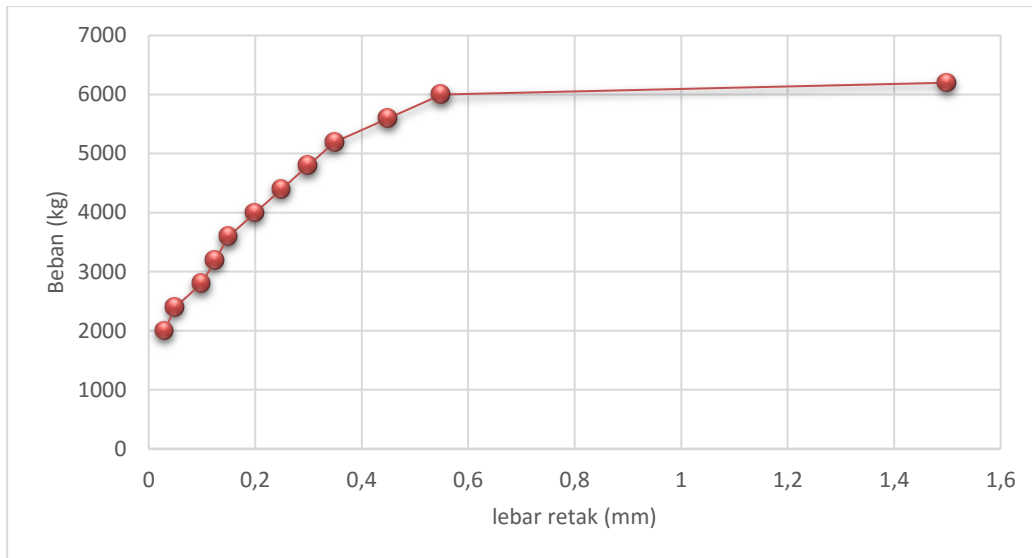
4.6.2.8 Lebar Retak RC-O8

Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.32

Tabel 4.32

Pengamatan lebar retak RC-O8

Beban (kg)	lebar retak (mm)
2000	0,030
2400	0,050
2800	0,100
3200	0,125
3600	0,150
4000	0,200
4400	0,250
4800	0,300
5200	0,350
5600	0,450
6000	0,550
6200	1,500



Gambar 4.24 Hubungan beban dengan lebar retak RC-O8

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang *onyx* RC – O8, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 2000 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,03 mm. . Dimana beton *onyx* membutuhkan beban lebih besar untuk terjadi retak pertama, hal tersebut menunjukkan bahwa beton *onyx* lebih daktail daripada beton normal. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC – O8 yaitu 0,134. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – O8 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (ultimate) yaitu 1,5 mm.

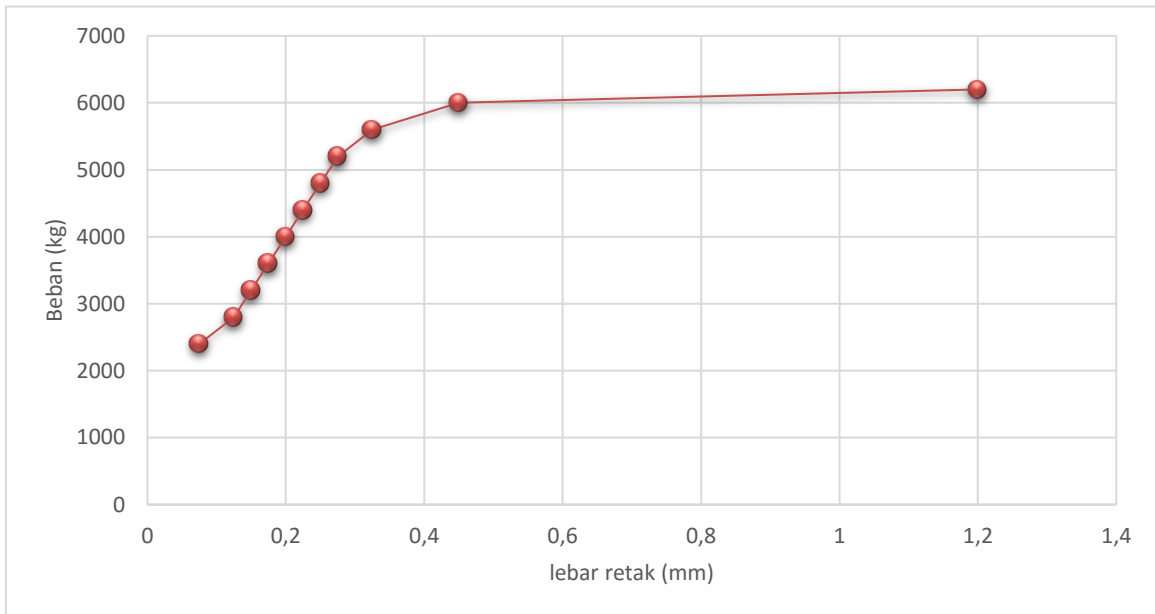
4.6.2.9 Lebar Retak RC-O9

Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban ultimate dapat dilihat pada Tabel 4.33

Tabel 4.33
Pengamatan lebar retak RC-O9

Beban (kg)	lebar retak (mm)
2400	0,075
2800	0,125
3200	0,150
3600	0,175
4000	0,200
4400	0,225
4800	0,250
5200	0,275
5600	0,325

6000	0,450
6200	1,200



Gambar 4.25 Hubungan beban dengan lebar retak RC-O9

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang *onyx* RC – O9, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 2400 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,075 mm. . Dimana beton *onyx* membutuhkan beban lebih besar untuk terjadi retak pertama, hal tersebut menunjukkan bahwa beton *onyx* lebih daktail daripada beton normal. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC – O9 yaitu 0,113. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – O9 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (*ultimate*) yaitu 1,2 mm.

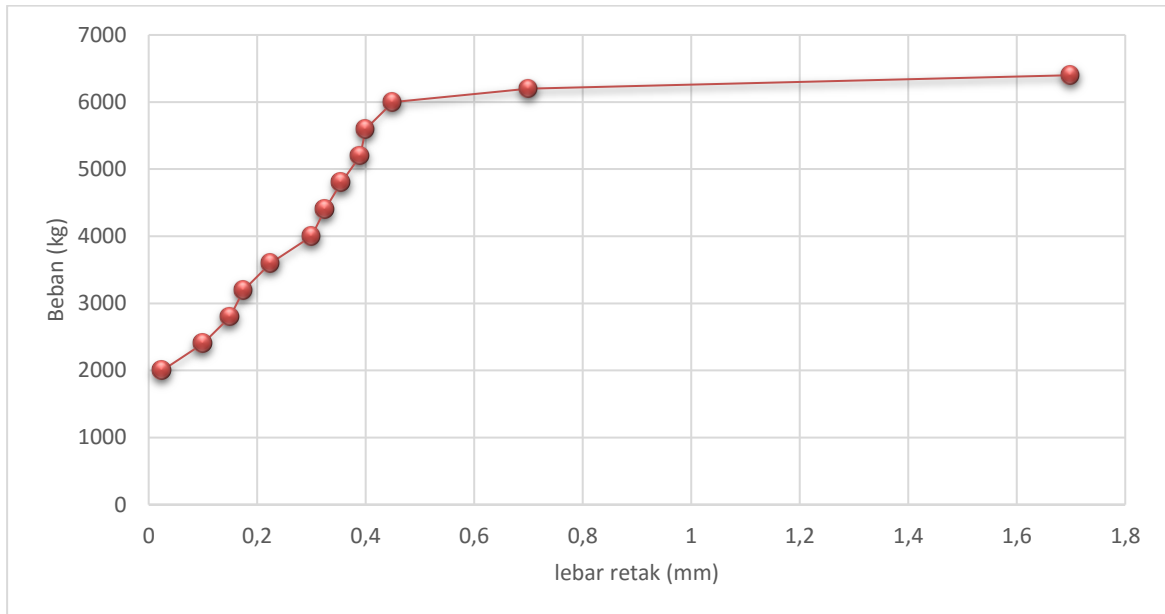
4.6.2.10 Lebar Retak RC-O10

Hasil pengamatan lebar retak sampai pada beban *ultimate* dapat dilihat pada Tabel 4.34

Tabel 4.34
Pengamatan lebar retak RC-O10

Beban (kg)	lebar retak (mm)
2000	0,025
2400	0,100
2800	0,150
3200	0,175
3600	0,225

4000	0,300
4400	0,325
4800	0,355
5200	0,390
5600	0,400
6000	0,450
6200	0,700
6400	1,700



Gambar 4.26 Hubungan beban dengan lebar retak RC-O10

Dapat dilihat dari hasil balok beton bertulang *onyx* RC – O10, retak mulai terjadi pada awal – awal pembebanan yaitu pada saat beban mencapai 2000 kg berada pada bawah pusat beban hingga tengah bentang, dimana terjadi momen maksimum pada balok (interval beban terpusat). Retak awal terjadi saat lebar retak 0,025 mm. . Dimana beton *onyx* membutuhkan beban lebih besar untuk terjadi retak pertama, hal tersebut menunjukkan bahwa beton *onyx* lebih daktail daripada beton normal. Rata-rata peningkatan perubahan lebar retak setiap pembebanan pada balok RC – O10 1,00. Lebar retak yang terjadi bertambah sedikit demi sedikit pada penelitian beton RC – O10 beban diberikan secara berangsur sebesar 100 kg, lebar retak yang terjadi ditinjau dari penambahan beban secara berangsur sebesar 400 kg lebar retak yang terjadi pada beban maksimum (*ultimate*) yaitu 1,7 mm.

4.6.3 Pengamatan Lebar Retak Balok Beton Bertulang Normal dan *Onyx* pada saat Beban Maksimum

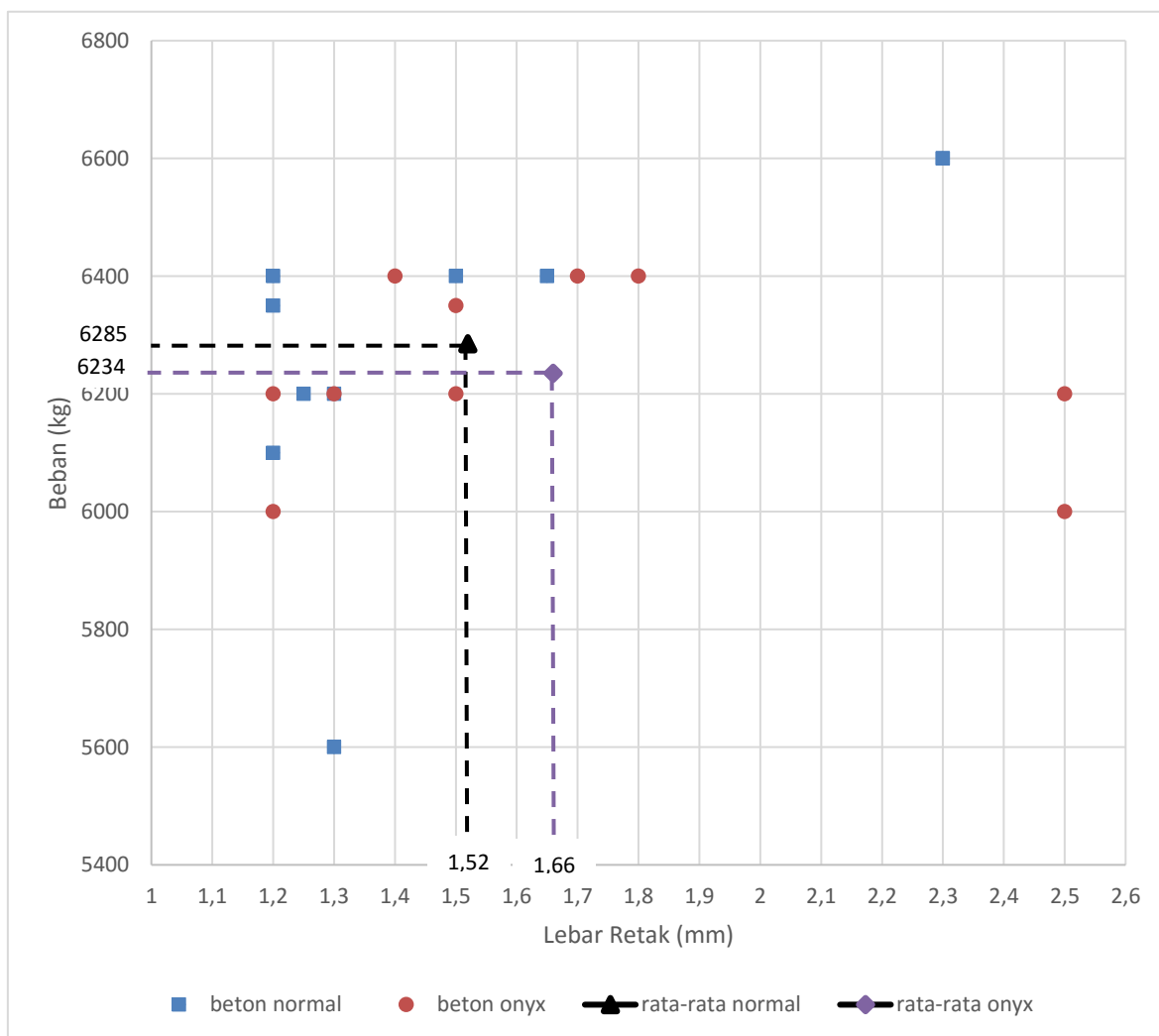
Setelah mendapatkan hasil lebar retak setiap balok, dapat dilihat perbedaan lebar retak pada saat beban maksimum antara balok beton bertulang normal dengan balok beton

bertulang *onyx*. Dapat dilihat pada Tabel 4.35 dan Gambar 4.27 untuk hasil pengamatan antara lebar retak dengan beban maksimum setiap balok.

Tabel 4.35
Lebar Retak pada saat Beban Maksimum

Balok	Beban (kg)	Lebar Retak (mm)
RC N1	5600	1,300
RC N2	6100	1,200
RC N3	6350	1,200
RC N4	6200	1,300
RC N5	6400	1,650
RC N6	6600	2,300
RC N7	6600	2,300
RC N8	6200	1,250
RC N9	6400	1,500
RC N10	6400	1,200
Rata-rata	6285	1,520

Balok	Beban (kg)	Lebar Retak (mm)
RC O1	6350	1,500
RC O2	6400	1,800
RC O3	6400	1,400
RC O4	6000	1,200
RC O5	6200	1,300
RC O6	6200	2,500
RC O7	6000	2,500
RC O8	6200	1,500
RC O9	6200	1,200
RC O10	6400	1,700
Rata-rata	6235	1,660



Gambar 4.27 Grafik perbedaan lebar retak saat beban maksimum

Pada hasil pengamatan pengukuran lebar retak didapatkan perilaku retak balok beton bertulang normal menunjukkan beban maksimum pada sepuluh balok yang terbesar yaitu 6600 kg dengan lebar retak 2,3 mm dan beban maksimum pada sepuluh balok yang terkecil yaitu 5600 kg dengan lebar retak 1,3 mm. Sedangkan pada balok beton bertulang *onyx* menunjukkan beban maksimum pada sepuluh balok yang terbesar yaitu 6400 kg dengan lebar retak 2,5 mm dan beban maksimum pada sepuluh balok yang terkecil yaitu 6000 kg dengan lebar retak 1,2 mm. Rata-rata beban maksimum balok beton bertulang normal adalah 6285 kg sedangkan balok beton bertulang *onyx* 6234 kg. Rata-rata lebar retak yang terjadi saat beban maksimum pada balok beton bertulang normal adalah 1,52 mm sedangkan pada balok beton bertulang *onyx* adalah 1,66 mm.

Pada balok normal rata-rata beban maksimum dibagi rata-rata lebar retak didapatkan 0,00024 mm/kg, dimana untuk menghasilkan lebar retak 0.00024 mm dibutuhkan 1 kg satuan gaya. Dan rata-rata lebar retak dibagi rata-rata beban maksimum didapatkan 4134,9 kg/mm, dimana untuk menghasilkan beban 4134,9 kg dibutuhkan 1 mm satuan panjang. Sedangkan balok *onyx* rata-rata beban maksimum dibagi rata-rata lebar retak didapatkan 0,00027 mm/kg, dimana untuk menghasilkan lebar retak 0.00027 mm dibutuhkan 1 kg satuan gaya. Dan rata-rata lebar retak dibagi rata-rata beban maksimum didapatkan 3756,02 kg/mm, dimana untuk menghasilkan beban 3756,02 kg dibutuhkan 1 mm satuan panjang.

4.6.4 Analisis Teoritis Lebar Retak antara Balok Beton Bertulang Normal dan *Onyx*

Dari data pengujian yang sudah diperoleh dapat menghitung lebar retak balok beton bertulang normal dan balok beton bertulang *onyx* secara teoritis. Selanjutnya didapatkan beban yang diijinkan dari lebar retak yang dihitung.

Tabel 4.36

Hasil Pengamatan dan Teoritis Lebar Retak Balok Normal

Balok	Pengamatan			Teoritis		
	Beban Maksimum (kg)	Momen Maksimum (kgcm)	Lebar Retak (mm)	Beban ijin (kg)	Momen ijin (kgcm)	Lebar Retak ijin (mm)
RC N1	5600	154000	1,3	4175	114812,5	0,1676
RC N2	6100	167750	1,2	2950	81125	0,1675
RC N3	6350	174625	1,2	3050	83875	0,1678
RC N4	6200	170500	1,3	3000	82500	0,1675
RC N5	6400	176000	1,65	2975	81812,5	0,1674
RC N6	6600	181500	2,3	3175	87312,5	0,16745
RC N7	6600	181500	2,3	2975	81812,5	0,16742
RC N8	6200	170500	1,25	3375	92812,5	0,16742
RC N9	6400	176000	1,5	3350	92125	0,16742
RC N10	6400	176000	1,2	3850	105875	0,16741

Tabel 4.37
Hasil Pengamatan dan Teoritis Lebar Retak Balok *Onyx*

Balok	Pengamatan			Teoritis		
	Beban Maksimum (kg)	Momen Maksimum (kgcm)	Lebar Retak (mm)	Beban ijin (kg)	Momen ijin (kgcm)	Lebar Retak ijin (mm)
RC O1	6350	174625	1,5	3400	93500	0,16747
RC O2	6400	176000	1,8	4250	116875	0,16755
RC O3	6400	176000	1,4	3950	108625	0,16749
RC O4	6000	165000	1,2	4675	128562,5	0,16747
RC O5	6200	170500	1,3	3700	101750	0,16749
RC O6	6200	170500	2,5	3775	103812,5	0,1675
RC O7	6000	165000	2,5	2850	78375	0,16747
RC O8	6200	170500	1,5	3750	103125	0,16754
RC O9	6200	170500	1,2	3425	94187,5	0,16751
RC O10	6400	176000	1,7	3125	85937,5	0,16747

Dari Tabel 4.35 dan Tabel 4.37 didapatkan perbedaan antara pengamatan dan teoritis balok beton bertulang normal dengan balok beton bertulang *onyx* yaitu dengan membandingkan beban yang diijinkan dengan saat beban maksimum dan lebar retak yang diijinkan dengan lebar retak pada saat beban maksimum.

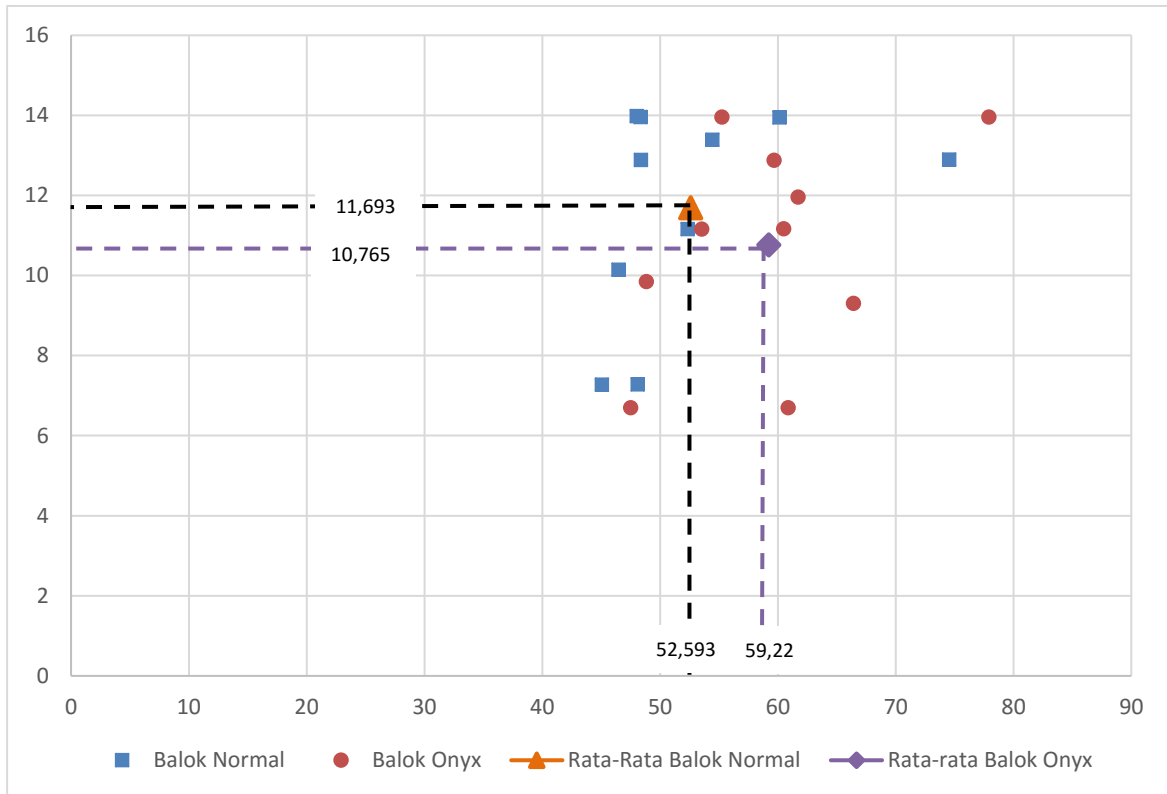
Tabel 4.38
Perbedaan Pengamatan dan Teoritis Lebar Retak Balok Normal

Balok	Pijin/Pmax %	M/Mmax %	wijin/w %
RC N1	74,554	74,554	12,892
RC N2	48,361	48,361	13,958
RC N3	48,031	48,031	13,983
RC N4	48,387	48,387	12,885
RC N5	46,484	46,484	10,145
RC N6	48,106	48,106	7,280
RC N7	45,076	45,076	7,279
RC N8	54,435	54,435	13,394
RC N9	52,344	52,344	11,161
RC N10	60,156	60,156	13,951
Rata-rata	52,593		11,693

Tabel 4.39
Perbedaan Pengamatan dan Teoritis Lebar Retak Balok *Onyx*

Balok	Pijin/Pmax %	M/Mmax %	wijin/w %
RC O1	53,543	53,543	11,165
RC O2	66,406	66,406	9,308
RC O3	61,719	61,719	11,964

RC O4	77,917	77,917	13,956
RC O5	59,677	59,677	12,884
RC O6	60,887	60,887	6,700
RC O7	47,500	47,500	6,699
RC O8	60,484	60,484	11,169
RC O9	55,242	55,242	13,959
RC O10	48,828	48,828	9,851
Rata-rata	59,220		10,765



Gambar 4.28 Grafik perbedaan pengamatan dan teoritis lebar retak balok normal dan balok onyx

Dari Gambar 4.28 hasil perhitungan perbandingan teoritis dengan pengamatan mendapatkan hasil rata-rata beban yang diijinkan dibagi saat beban maksimum pada balok normal sebesar 52,593 % kemudian untuk balok onyx lebih besar yaitu 59,22 %. Sedangkan hasil rata-rata lebar retak yang diijinkan dibagi lebar retak saat beban maksimum pada balok normal sebesar 11,693 % kemudian untuk balok onyx lebih kecil yaitu 10,765 %.