

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Bahan

Pengujian utama penelitian ini adalah pengujian pembebanan balok dengan 2 beban terpusat yang simetris untuk masing-masing balok. Beberapa pengujian lain diperlukan untuk melengkapi data yang digunakan untuk menunjang data yang utama diantaranya adalah meliputi pengujian agregat halus dan agregat kasar, uji tarik baja tulangan, pengujian beton segar dengan slump, pengujian kuat tekan beton keras dengan benda uji selinder dan pengujian kuat geser beton itu sendiri.

4.1.1 Agregat Halus

Agregat Halus berupa pasir alami yang berasal dari kota Malang. Pengujian yang dilakukan pada agregat halus adalah uji analisis saringan dan uji sifat fisis. Dari hasil analisis saringan didapatkan bahwa pasir tersebut termasuk daerah gradasi nomor 2 berdasarkan ASTM. Setelah dilakukan uji analisis saringan dan uji sifat fisis didapat hasil pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil pengujian Agregat Halus

No	Keterangan	Hasil Penelitian
1	Modulus Halus	4.149
2	Berat Jenis SSD	1.153
3	Berat Isi (gr/cc)	2137.933
4	Absorpsi (%)	2.041

4.1.2 Agregat Kasar

Agregat kasar berupa batu pecah dengan ukuran 10 mm yang berasal dari kota Malang. Pengujian yang dilakukan pada agregat kasar adalah uji analisis saringan dan uji sifat fisis. Dari hasil analisis saringan didapatkan bahwa batu pecah tersebut termasuk daerah bergradasi maksimum 20 mm. Setelah dilakukan uji analisis saringan dan uji sifat fisis didapat hasil pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Keterangan	Hasil Penelitian
1	Modulus Halus	8.753
2	Berat Jenis SSD	4.574
3	Berat Isi (gr/cc)	2199.576
4	Absorpsi (%)	6.415

4.1.3 Besi Tulangan

Pemeriksaan tegangan leleh, tegangan maksimum dan regangan tulangan dilakukan di Laboratorium Struktur Fakultas Teknik SIPIL Universitas Brawijaya. Dan hasil dari pemeriksaan besi tulangan didapat pada table 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja (fy)

NO	Diameter	Kekuatan Tarik		fy Rata-Rata
		P(kN)	fy (Mpa)	
1	4,82 (ø6)	8000	438,658	420,381
2		7000	383,826	
3		8000	438,658	
1	6,24 (ø8)	12000	392,593	425,309
2		12000	392,593	
3		15000	490,741	
fy				422,845

Dari uji statistik Keragaman Varians data Tegangan baja termasuk homogen maka tegangan baja tulangan rata-rata (f_y) adalah 422,845 MPa.

4.1.4 Bottom Ash

Bottom Ash yang digunakan pada penelitian ini adalah batuan sisa pembakaran batu bara yang dihaluskan terlebih dahulu sebelum di saring atau di ayak hingga tertahan di Pan dan diperoleh dari PLTU Paiton probolinggo. Tidak dilakukan secara khusus, hanya secara visual Bottom Ash dalam keadaan baik.

4.1.5 Semen

Dalam penelitian ini semen yang digunakan adalah Semen Gresik Tipe 1. Semen ini merupakan semen yang umum digunakan untuk pengecoran sehingga tidak perlu dilakukan pengujian khusus.

4.1.6 Air

Air yang dipakai dalam pembuatan benda uji adalah air bersih dari Perusahaan Air Minum (PDAM) Kotamadya Malang. Air ini dianggap telah memenuhi syarat sebagai bahan pelumas dan pencampur semen, Bottom Ash dan agregat sehingga dalam penelitian ini tidak dilakukan analisa lebih lanjut.

4.1.7 Air Laut

Air laut yang dipakai dalam penelitian ini dibeli dari toko ikan laut hias. Air laut ini dianggap telah memenuhi syarat sebagai perendam benda uji, sehingga tidak dilakukan penelitian lebih lanjut.

4.1.8 Pengujian Beton Segar

Perencanaan perbandingan campuran beton yang digunakan berdasarkan pada apa yang ada di lapangan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekentalan dan kemudahan pengerjaan campuran adukan beton. Campuran yang dibuat berdasarkan data bahan yang diperoleh pada uji material bahan. Komposisi yang diperoleh yaitu semen : pasir : kerikil = 1 : 2 : 2,6 satuan berat.

Tabel 4.4 Nilai Slump pengujian Beton

Prosentase Bottom Ash (%)	Mixing	Slump (cm)
0	1	13
	2	11
10	1	16
	2	14
20	1	17
	2	18
25	1	16
	2	13

Dari hasil pengujian slump diatas, didapat nilai slump rata-rata sebesar 14,75 cm. Dari tabel 4.4 didapatkan nilai slump yang bervariasi, ini disebabkan karena faktor manusia dan kurangnya pengalaman dalam melakukan pengecoran, selain faktor alam yang mempengaruhi. Pada saat pengecoran pasir dan kerikil ditempatkan diluar dan terlalu sering terkena air hujan dalam waktu lama yang mengakibatkan kadar air pada masing-masing bahan bertambah. Selain itu, penambahan bottom ash dalam campuran juga mengakibatkan peningkatan penyerapan air pada saat proses mixing sehingga kebutuhan air juga bertambah. Karena kurangnya pengalaman, kebutuhan air yang didapat dari perhitungan mix design untuk tiap-tiap pengecoran dijadikan patokan dan ini sangat berpengaruh pada nilai slump.

4.1.9 Pengujian Beton Keras

Untuk mengetahui mutu balok beton ($f'c$), maka dilakukan pengujian terhadap kuat tekan beton dengan benda uji berupa silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm.

Table dibawah akan menunjukkan nilai kuat tekan dan berat isi beton rata – rata dari hasil pengujian kuat tekan beton.

Tabel 4.5 Nilai Kuat Tekan dan Berat Isi Silinder Beton

NO	Lama Rendaman (hari)	Kadar Bottom Ash (%)	f'c (Mpa)	f'c Rata ² (Mpa)	Berat Isi (kg/m ³)	Berat Isi Rata ²	
1.10	7	0	17.0951	16.5326	11.1667	9.8468	
1.20	14		14.0123		7.4003		
1.30	28		18.4903		10.9733		
2.10	7	10	19.0508	19.2688	11.3667	11.2556	
2.20	14		19.7678		11.1067		
2.30	28		18.9878		11.2933		
3.10	7	20	15.4141	16.4450	11.5333	11.3867	
3.20	14		16.1316		11.2267		
3.30	28		17.7892		11.4000		
4.10	7	25	15.4838	15.7525	11.4267	11.4156	
4.20	14		15.0091		11.3200		
4.30	28		16.7648		11.5000		
Rata ² =				16.9997	Rata ² =		10.9761

Berdasarkan hasil pengujian silinder beton diatas, diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 16,9997 Mpa. Kuat tekan terbesar tercapai dengan penambahan bottom ash sebesar 10% terhadap semen, dan terjadi penurunan pada penambahanbottom ash

20% dan 25%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bottom ash 10% berat semen memberikan nilai kuat tekan terbesar, dan penambahan bottom ash lebih dari itu maka akan mengakibatkan penurunan kuat tekan beton.

4.2 Pengujian Kuat Geser Balok Beton

Uji pembebanan dilakukan menggunakan *Loading Frame* uji lentur yang telah dipasang dongkrak hidrolik yang dihubungkan dengan pompa untuk pembebanannya. Balok uji mempunyai dimensi yang sama yaitu 10 x 7 x 90cm yang berjumlah total ada 48 benda uji. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kapasitas dukung beban yang mampu ditahan oleh balok. Variasi prosentase bottom ash sebagai pengganti semen dan lama perendaman dengan menggunakan air laut sebagaimana ditunjukkan pada 4.6 tabel berikut ini.

Tabel 4.6 Variasi Prosentase Bottom Ash dan Lama Rendaman

Prosentase bottom Ash (%)	Lama Rendaman		
	7 hari	14 hari	28 hari
0	2 benda uji	2 benda uji	2 benda uji
	2 benda uji	2 benda uji	2 benda uji
10	2 benda uji	2 benda uji	2 benda uji
	2 benda uji	2 benda uji	2 benda uji
20	2 benda uji	2 benda uji	2 benda uji
	2 benda uji	2 benda uji	2 benda uji
25	2 benda uji	2 benda uji	2 benda uji
	2 benda uji	2 benda uji	2 benda uji

Pengujian beton tidak dilakukan pada hari disaat pengangkatan beton dari perendaman, dikarenakan keterbatasan tempat dan alat. Karena itu pula terdapat pengaruh udara luar terhadap beton itu sendiri. Penelitian dilakukan untuk mendapatkan besarnya nilai kapasitas beban nominal (P_n) yang terjadi pada balok dengan melakukan penambahan beban secara bertahap sampai balok uji mengalami keruntuhan sehingga

bisa didapatkan beban maksimum yang mampu ditahan oleh balok uji. Kemudian nilai dari beban nominal (P_n) yang diperoleh akan digunakan untuk perhitungan kuat geser yang terjadi pada balok uji.

4.2.1 Pengujian Kuat Geser Beton

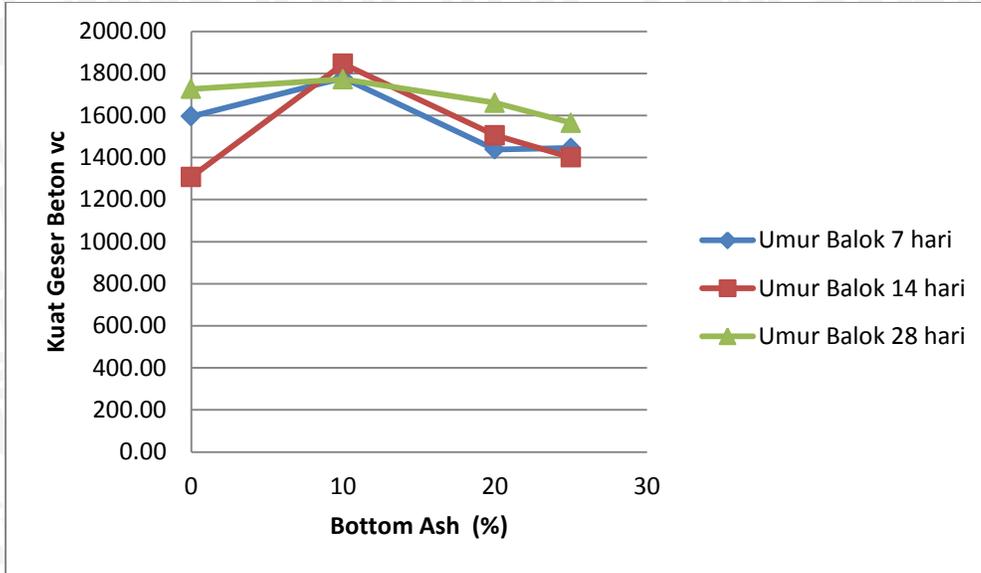
Kapasitas atau Kuat Geser balok beton pada retak miring awal dihitung berdasarkan rumus kuat geser nominal balok sebagai berikut :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

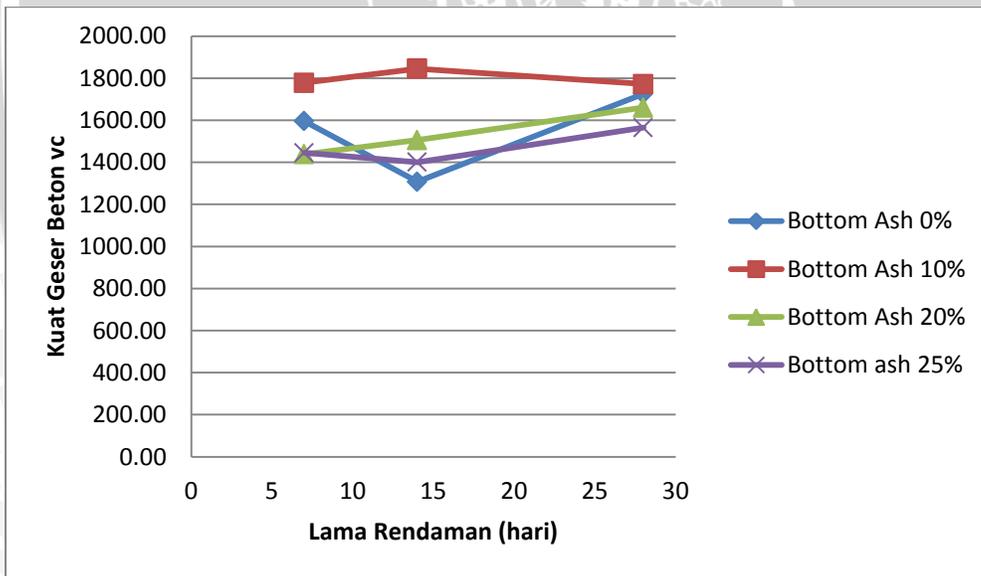
Tabel 4.7 menunjukkan hasil dari perhitungan kuat geser nominal.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kuat Geser Nominal

Balok	Bottom Ash (%)	Kuat Geser Beton V_c (kg)	Rata-Rata (kg)
1.1	0%	1595.5459	1543.0418
1.2		1307.8167	
1.3		1725.7626	
2.1	10%	1778.0766	1798.4211
2.2		1844.9934	
2.3		1772.1932	
3.1	20%	1438.6512	1534.8634
3.2		1505.6122	
3.3		1660.3267	
4.1	25%	1445.1565	1470.2379
4.2		1400.8449	
4.3		1564.7123	



Gambar 4.1 Perbandingan Antara Nilai Kuat Geser Beton Nominal Dengan Prosentase Bottom Ash Pada Lama Perendaman



Gambar 4.2 Perbandingan Antara Nilai Kuat Geser Beton Nominal Dengan Lama Rendaman Pada Prosentase Bottom Ash

Dan kuat geser balok uji didapatkan melalui gambar MDN, didapatkan rumus sebagai berikut:

$$V_{u\text{ uji}} = \phi V_{n\text{ teori}}$$

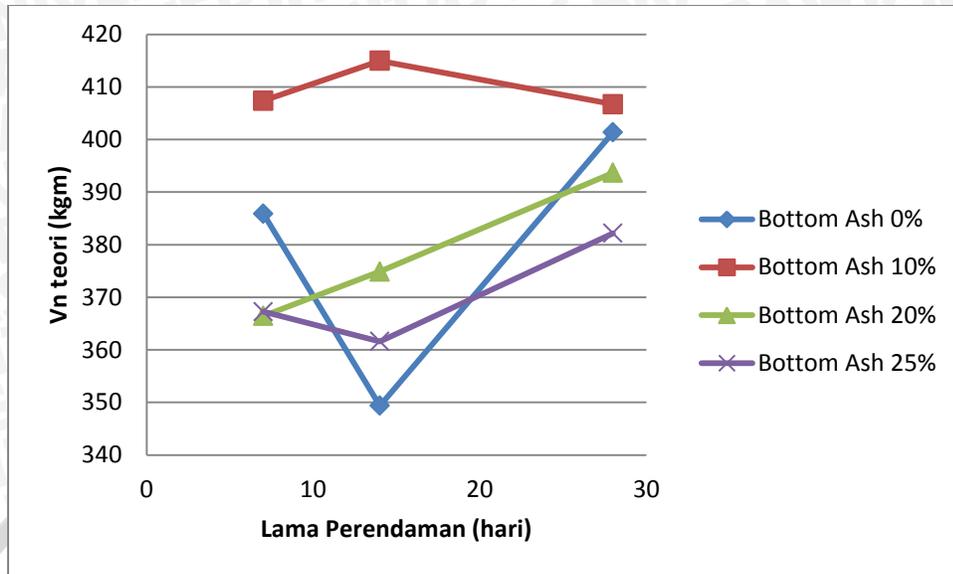
$$V_{u\text{ uji}} = \frac{1}{2} P$$

$$\phi V_{n\text{ teori}} = 0,75 \cdot \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \right)$$

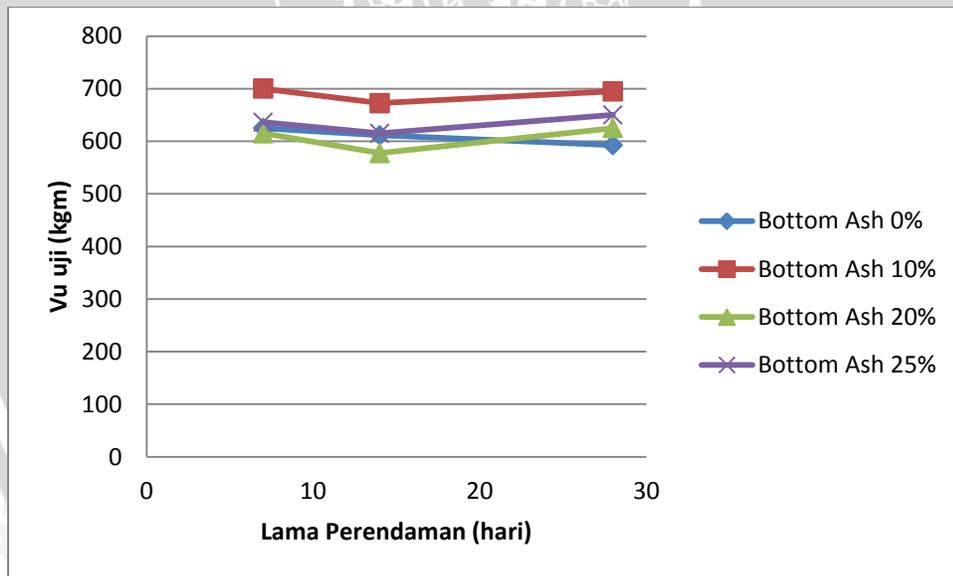
Dimana P adalah beban yang diberikan pada balok uji yaitu Pn uji. Vn perhitungan didapatkan melalui perhitungan dengan memasukkan nilai tegangan baja leleh (fy) dan nilai kuat tekan beton (f'c), yang didapatkan melalui uji tarik dan uji tekan beton di laboratorium. Hasil perhitungan kuat geser dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8. Perbandingan antara Vn teori dan Vu uji

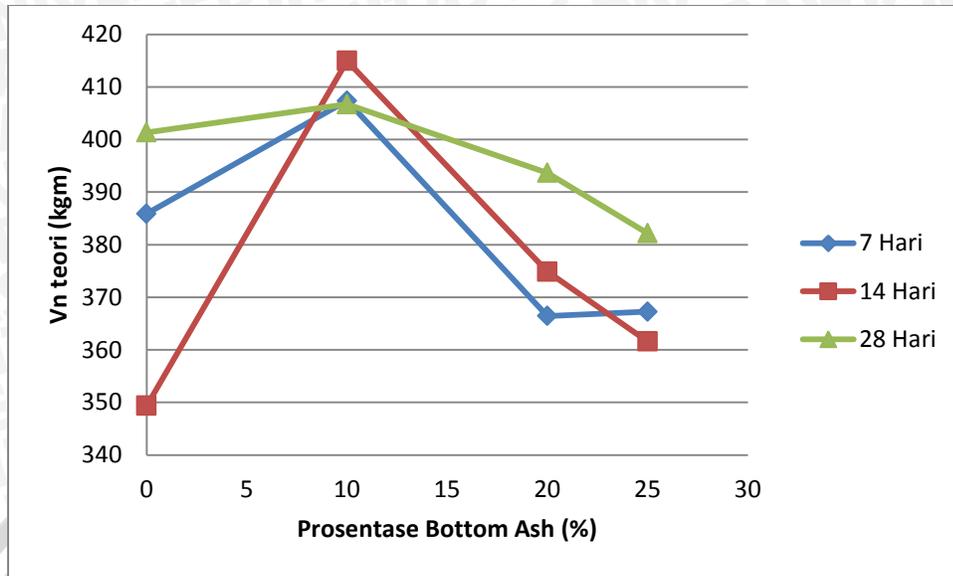
Prosentase Bottom Ash (%)	Lama Perendaman (hari)	Vn teori (kg)	Vu uji (kg)	KR (%)
0	7	385.898	625	38.2562
	14	349.375	611.25	42.8425
	28	401.337	592.5	32.2638
10	7	407.374	700	41.8037
	14	414.969	672.5	38.2946
	28	406.7	695	41.482
20	7	366.434	615	40.4172
	14	374.865	577.5	35.0883
	28	393.654	625	37.0153
25	7	367.262	636.25	42.2771
	14	361.588	615	41.2053
	28	382.152	650	41.2075



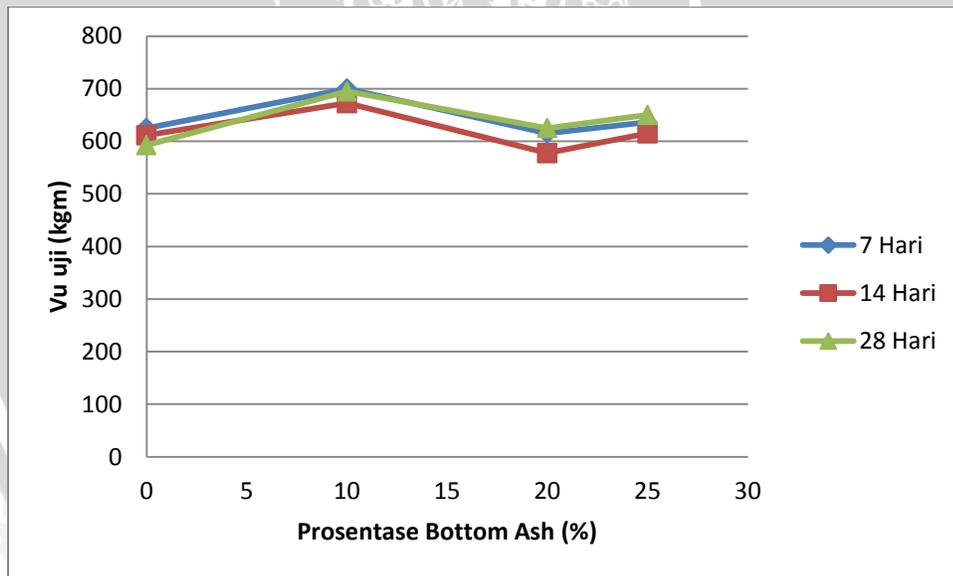
Gambar 4.3. Hubungan antara lama perendaman dengan Vn teori pada semua prosentase bottom ash



Gambar 4.4. Hubungan antara Lama perendaman dengan Vu uji pada semua prosentase bottom ash



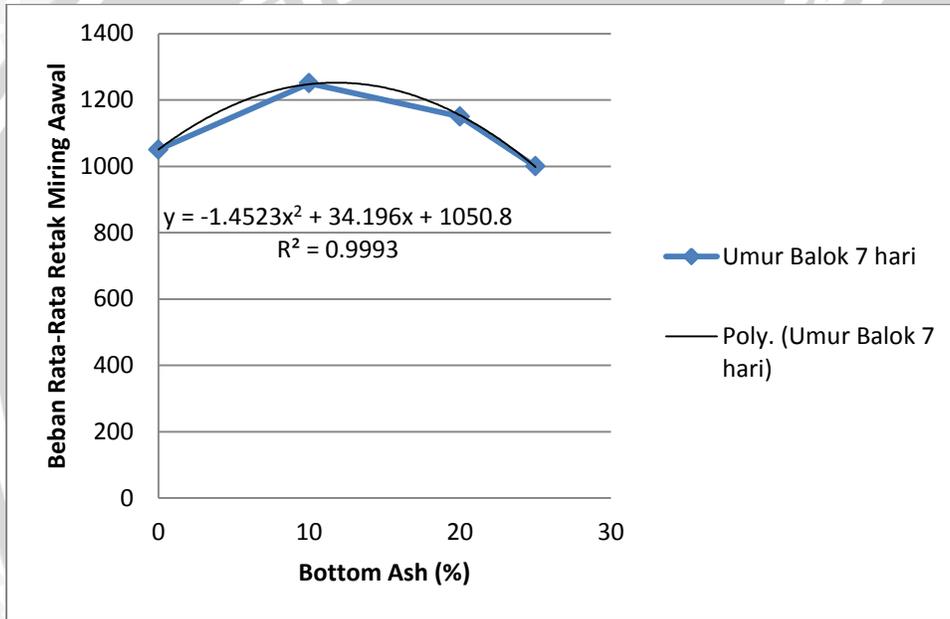
Gambar 4.5. Hubungan antara prosentase bottom ash dengan Vn teori pada semua lama perendaman



Gambar 4.6. Hubungan antara prosentase bottom ash dengan Vu uji pada semua lama rendaman

Tabel 4.8 Retak Miring Awal dan Beban Saat Terjadinya Retak Miring Awal Pada Balok Umur 7 hari

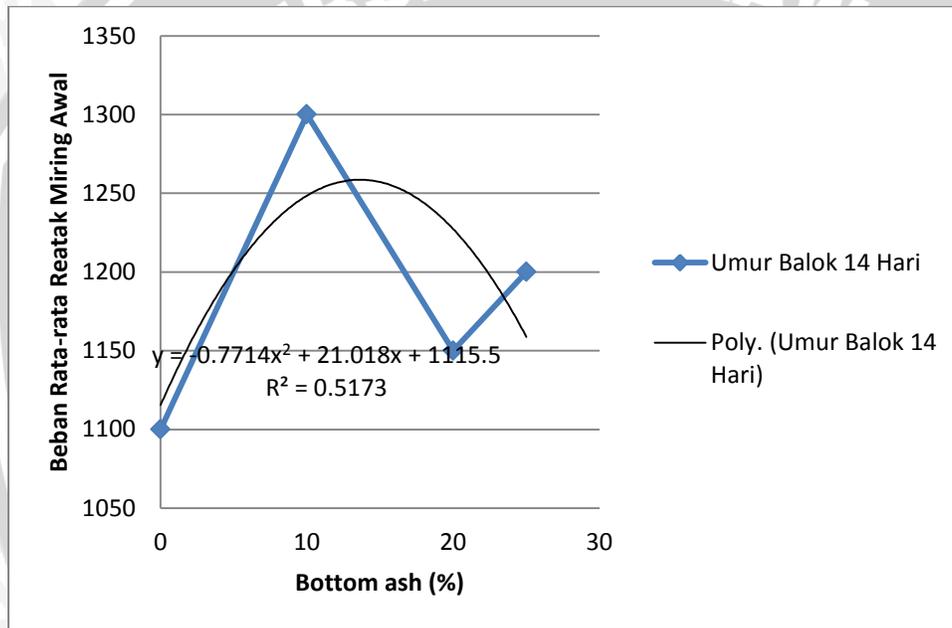
Umur Balok (hari)	Bottom Ash (%)	Rata-Rata Beban Retak Miring Awal (kg)
7	0	1050
7	10	1250
7	20	1150
7	25	1000



Gambar 4.7. Perbandingan Antara Prosentase Bottom Ash Dengan Beban Rata-Rata Retak Miring Awal Pada Balok Umur 7 hari

Tabel 4.9 Retak Miring Awal dan Beban Saat Terjadinya Retak Miring Awal Pada Balok Umur 14 hari

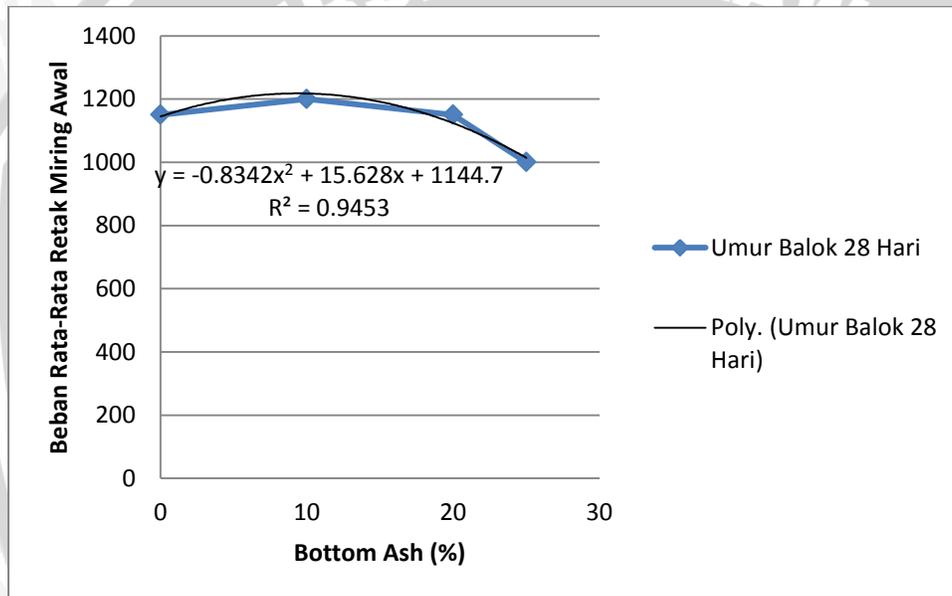
Umur Balok (hari)	Bottom Ash (%)	Rata-Rata Beban Retak Miring Awal (kg)
14	0	1100
14	10	1300
14	20	1150
14	25	1200



Gambar 4.8. Perbandingan Antara Prosentase Bottom Ash Dengan Beban Rata-Rata Retak Miring Awal Pada Balok Umur 14 hari

Tabel 4.10 Retak Miring Awal dan Beban Saat Terjadinya Retak Miring Awal Pada Balok Umur 28 hari

Umur Balok (hari)	Bottom Ash (%)	Rata-Rata Beban Retak Miring Awal (kg)
28	0	1150
28	10	1200
28	20	1150
28	25	1000



Gambar 4.9. Perbandingan Antara Prosentase Bottom Ash Dengan Beban Rata-Rata Retak Miring Awal Pada Balok Umur 28 hari

Dari hasil penelitian yang tertera di tabel dan gambar diatas, dapat diketahui adanya peningkatan nilai kuat geser balok beton bertulang pada kadar Bottom Ash 10% di tiap lama rendaman 7, 14, dan 28 hari.

4.3 Analisa Statistik dengan Menggunakan Pengujian Hipotesis

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh prosentase kadar *bottom ash* dan lama perendaman terhadap kuat geser pada beton bertulang, maka dilakukan analisa statistik dengan menggunakan metode pengujian hipotesis. Pengujian hipotesis dilakukan dengan teknik analisis statistik anova dua arah.

Tabel 4.11. Vu Uji (kgm) dengan variabel prosentase bottom ash dan lama perendaman

Prosentase Bottom Ash (%)	Lama Rendaman						Σ
	7 Hari		14 Hari		28 Hari		
0	750	1575	900	1650	900	1725	4950
	825		750		825		
10	1025	1975	975	1950	1050	2025	5950
	950		975		975		
20	825	1725	900	1725	975	1875	5325
	900		825		900		
25	900	1800	825	1800	825	1875	5475
	900		975		1050		
Σ	7075		7125		7500		21700

Pada tabel tersebut terdapat dua variabel yaitu variasi prosentase bottom ash (A) dalam hal ini baris dan lama perendaman (B) dalam hal ini kolom dan interaksi antar dua variabel bebas (AB) tersebut.

Hipotesis penelitian sebagai berikut :

H_{0A} : Tidak ada pengaruh yang signifikan antara prosentase kadar *bottom ash* terhadap kapasitas lentur (M_n) pada balok.

H_{0B} : Tidak ada pengaruh yang signifikan antar lama perendaman terhadap kapasitas lentur (M_n) pada balok.

H_{0AB} : Tidak ada interaksi yang signifikan antara prosentase kadar *bottom ash* dan lama perendaman.

Analisa Varian 2 arah

Perhitungan statistika

Derajat bebas (db)

$$db_{\text{baris}} = r - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$db_{\text{kolom}} = k - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$db_{\text{interaksi}} = db_{\text{baris}} \times db_{\text{kolom}} = 3 \times 2 = 6$$

$$db_{\text{galat}} = (r \times k) \times (n - 1) = 12 \times 1 = 12$$

Jumlah Kuadrat

$$JK \text{ Total (JKT)} = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{rxkn}$$

$$= 169583.3333$$

$$JK \text{ Baris (JKB)} = \frac{(\sum X)_{Bn}^2}{kn} - \frac{(\sum X)^2}{rxkn}$$

$$= 85625.0000$$

$$JK \text{ Kolom (JKK)} = \frac{(\sum X)_{kn}^2}{rxn} - \frac{(\sum X)^2}{rxkn}$$

$$= 13489.58333$$

$$JK \text{ Baris Kolom (JKBK)} = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^k T_{ij}^2}{n} - \frac{(\sum X)_{Bn}^2}{kn} - \frac{(\sum X)_{kn}^2}{rxn} + \frac{(\sum X)^2}{rxkn}$$

$$= 2968.75$$

$$JK \text{ Galat (JKG)} = JKT - JKB - JKK - JKBK$$

$$= 169583.3333 - 85625.0000 - 13489.58333 - 2968.75$$

$$= 67500.0000$$

Kuadrat Tengah

$$KT \text{ Baris (KTP)} = \frac{JKB}{dB_{baris}} = \frac{85625}{3} = 28541.66667$$

$$KT \text{ Kolom (KTK)} = \frac{JKK}{dB_{kolom}} = \frac{13489.6}{2} = 6744.791667$$

$$KT \text{ Interaksi (KTI)} = \frac{JKBK}{dB_{interaksi}} = \frac{2968.75}{6} = 494.7916667$$

$$KT \text{ Galat (KTG)} = \frac{JKG}{dB_{galat}} = \frac{67500}{12} = 5625$$

Nilai f Hitung

$$F \text{ Hitung Baris (FHB)} = \frac{KTB}{KTG} = \frac{28541.66667}{5625} = 5.0741$$

$$f \text{ Hitung Kolom (FHK)} = \frac{KTK}{KTG} = \frac{6744.791667}{5625} = 1.1991$$

$$f \text{ Hitung Interaksi (FHI)} = \frac{KTI}{KTG} = \frac{494.7916667}{5625} = 0.0880$$

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel
Prosentase bottom Ash	85625.0000	3	28541.6667	5.0741	3.49
Lama Rendaman	13489.5833	2	6744.7917	1.1991	3.89
Interaksi	2968.7500	6	494.7917	0.0880	3.00
Galat	67500.0000	12	5625.0000		
Total	169583.3333	23			

Analisis perhitungan statistik dengan metode ANOVA 2 arah secara detil disajikan pada lampiran 2. Berdasarkan Tabel diatas didapatkan bahwa :

1. $F_{hitung} \text{ antar group (A)} > F_{Tabel} \text{ antar group (A)}$, ini menunjukkan bahwa H_{0A} ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara prosentase kadar *bottom ash* terhadap kuat geser pada balok.

2. F_{hitung} antar group (B) $< F_{Tabel}$ antar group (B), ini menunjukkan bahwa H_{0B} diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara lama perendaman terhadap kuat geser pada balok..

F_{hitung} antar group (AB) $< F_{Tabel}$ antar group (AB), ini menunjukkan bahwa H_{0AB} diterima, sehingga dapat disimpulkan Tidak ada interaksi yang signifikan antara prosentase *kadar bottom ash* dan lama perendaman.

4.4 Analisis regresi

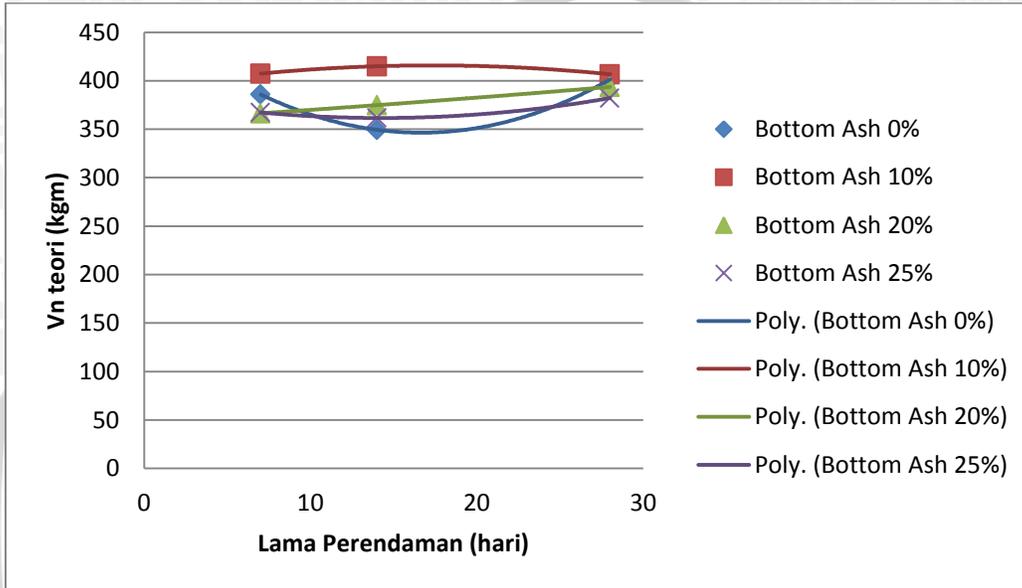
Untuk mengetahui hubungan prosentase kadar bottom ash dan lama perendaman terhadap kuat geser balok dilakukan dengan permodelan sederhana menggunakan analisis regresi. Dengan bantuan software *Microsoft Excel* didapatkan grafik trend regresi *polynomial*. Dengan metode regresi dapat diramalkan nilai peubah tak bebas dari nilai peubah bebas.

Pada penelitian ini regresi dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara prosentase kadar *bottom ash* terhadap kuat geser dan hubungan antara lama perendaman terhadap kuat geser pada balok. Tingkat ketepatan dari fungsi regresi yang diperoleh diukur dari nilai koefisien determinasinya (R^2). Koefisien determinasi (R^2) merupakan nilai yang menyatakan besarnya nilai keterandalan model yaitu menyatakan besarnya variabel Y nilai kuat geser yang dapat diterangkan oleh variabel bebas X menurut persamaan regresi yang diperoleh. Besarnya nilai koefisien determinasi berkisar antara 0 sampai 1. Jika nilai koefisien determinasi (R^2) mendekati nilai 1 maka model yang digunakan semakin tinggi keterandalannya dan jika mendekati nilai 0 derajat keterandalannya rendah.

Hubungan pada setiap kejadian dalam penelitian ini dapat dinyatakan dengan perhitungan korelasi antara dua variabel. Koefisien korelasi (R) adalah suatu ukuran asosiasi (linier) relatif antara dua variabel yang menyatakan besarnya derajat keeratan hubungan antar variabel. Koefisien korelasi dapat bervariasi dari -1 sampai 1. Jika $0 < R < 1$ maka dua variabel dikatakan berkorelasi positif dan jika $-1 < R < 0$ maka dua variabel dikatakan berkorelasi negatif. Nilai 0 (nol) menunjukkan tidak adanya hubungan antar

variabel sedangkan nilai 1 atau -1 menunjukkan adanya hubungan sempurna antar variabel.(Hartono, 2004)

4.4.1 Pengaruh Variasi Lama Perendaman Terhadap Kuat Geser Balok



Gambar 4.10. Perbandingan Vn Teori Dengan Lama Perendaman Pada Prosentase Bottom Ash 0%, 10%, 20%, dan 25%

Dari persamaan regresi diatas diperoleh hasil sebagai berikut:

Prosentase Bottom Ash 0% $y = 1,160x + 359,9$
 $R^2 = 0,216$

Prosentase Bottom Ash 10% $y = 0,111x + 411,5$
 $R^2 = 0,0067$

Prosentase Bottom Ash 20% $y = 1,302x + 357,0$
 $R^2 = 0,999$

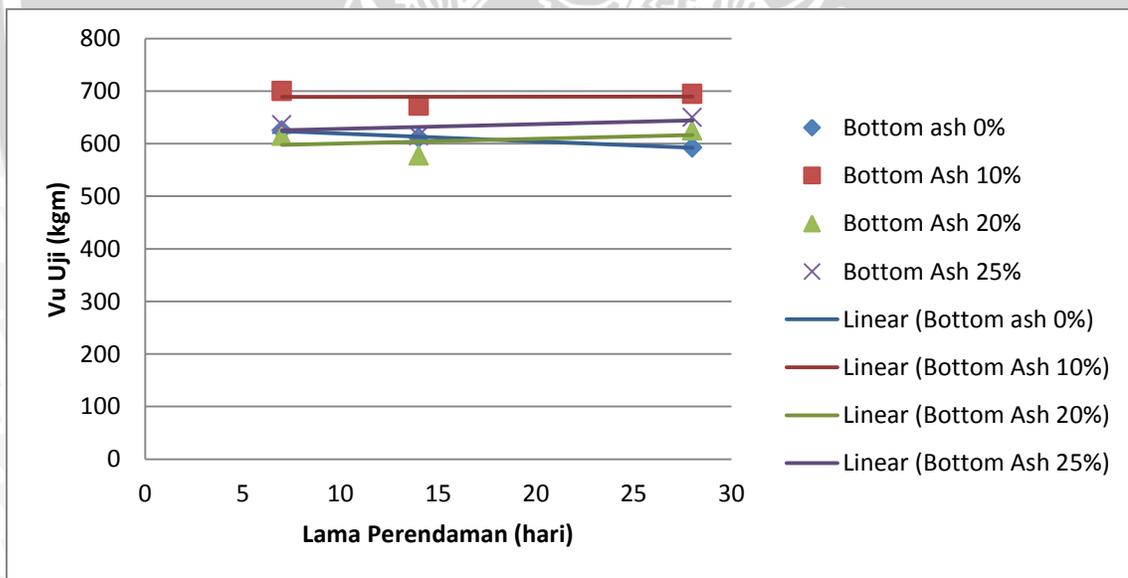
Prosentase Bottom Ash 25% $y = 0,817x + 356,9$
 $R^2 = 0,677$

Dengan:

x = Lama Perendaman (hari)

y = V_n teori (kgm)

Dari **Gambar 4.10** diatas dapat terlihat perbedaan nilai kuat geser (teori) pada balok untuk tiap variasi kadar prosentase *bottom ash*. Pada kadar prosentase *bottom ash* 10% memiliki nilai rata-rata kuat geser yang paling rendah sedangkan kuat geser rata-rata yang paling tinggi terjadi pada kadar prosentase *bottom ash* 20%. Hal ini menunjukkan bahwa *bottom ash* dengan kadar 10% sebagai pengganti semen merupakan campuran beton yang tidak sesuai. Hal ini dibuktikan dengan adanya penurunan kuat geser dari campuran normal tanpa menggunakan *bottom ash*. Sedangkan pada kadar *bottom ash* 10% kuat geser mengalami penurunan dan mengalami kenaikan pada kadar *Bottom ash* 20% dan 25%. Dan pada kadar *bottom ash* 20% terjadi peningkatan tertinggi, itu menunjukkan bahwa kadar prosentase *bottom ash* yang sesuai sebagai bahan pengganti semen pada campuran beton berkisar 20%.



Gambar 4.11. Perbandingan V_u Uji Dengan Lama Perendaman Pada Prosentase Bottom Ash 0%, 10%, 20%, dan 25%

Dari persamaan regresi diatas diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\text{Prosentase Bottom Ash 0\%} \quad y = 1,517x + 634,3$$

$$R^2 = 0,989$$

$$\text{Prosentase Bottom Ash 10\%} \quad y = 0,025x + 688,7$$

$$R^2 = 0,000$$

$$\text{Prosentase Bottom Ash 20\%} \quad y = 0,892x + 591,2$$

$$R^2 = 0,145$$

$$\text{Prosentase Bottom Ash 25\%} \quad y = 0,918x + 618,7$$

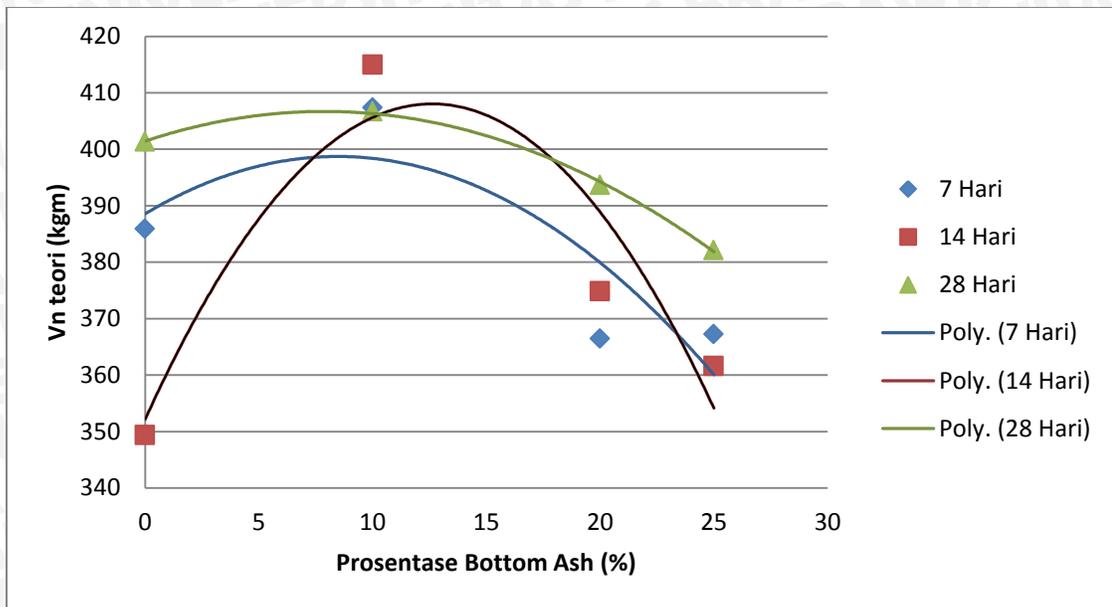
$$R^2 = 0,310$$

Dengan:

x = Lama Perendaman (hari)

y = Vu uji (kgm)

Dari **Gambar 4.11** diatas dapat terlihat perbedaan nilai kuat geser (uji) pada balok untuk tiap variasi kadar prosentase *bottom ash*. Pada kadar prosentase *bottom ash* 10% memiliki nilai rata-rata kuat geser yang paling rendah sedangkan kuat geser rata-rata yang paling tinggi terjadi pada kadar prosentase *bottom ash* 25%. Hal ini menunjukkan bahwa *bottom ash* dengan kadar 10% sebagai pengganti semen merupakan campuran beton yang tidak sesuai. Hal ini dibuktikan dengan adanya penurunan kuat geser dari campuran normal tanpa menggunakan *bottom ash*. Sedangkan pada kadar *bottom ash* 20% dan 25% kuat geser mengalami penurunan. Dari hal-hal tersebut dapat disimpulkan bahwa kadar prosentase *bottom ash* yang sesuai sebagai bahan pengganti semen pada campuran beton berkisar 25%.



Gambar 4.12. Perbandingan Vn Teori Dengan Prosentase Bottom Ash Pada Perendaman 7, 14, dan 28 hari

Dari persamaan regresi diperoleh hasil sebagai berikut:

Lama Perendaman 7 Hari $y = 0,141x^2 + 2,393x + 388,5$
 $R^2 = 0,712$ $R = 0,843$

Lama Perendaman 14 Hari $y = 0,351x^2 + 8,859x + 352,1$
 $R^2 = 0,857$ $R = 0,925$

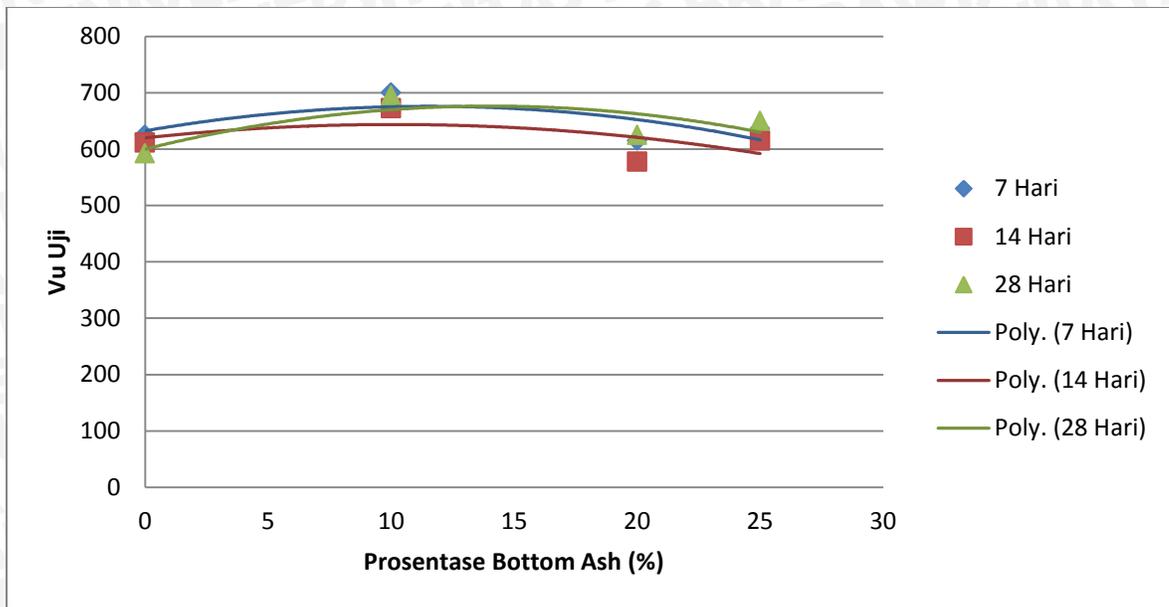
Lama Perendaman 28 Hari $y = 0,084x^2 + 1,333x + 401,4$
 $R^2 = 0,998$ $R = 0,998$

Dengan:

x = Kadar bottom ash (%)

y = Vn teori (kgm)

Dari **Gambar 4.12.** diatas dapat terlihat perbedaan nilai kuat geser (teori) pada balok untuk tiap variasi lama perendaman dengan menggunakan air laut. Pada perendaman 28 hari memiliki nilai rata-rata kuat geser yang paling tinggi sedangkan kuat geser rata-rata yang paling rendah terjadi pada perendaman 7 hari. Hal ini menunjukkan bahwa lama perendaman dengan menggunakan air laut mempunyai pengaruh yang tidak terlalu signifikan terhadap kapasitas lentur pada balok.



Gambar 4.13 Perbandingan Vu Uji Dengan Prosentase Bottom Ash Pada Perendaman 7, 14, dan 28 hari

Dari regresi diatas didapat hasil sebagai berikut:

Lama Perendaman 7 Hari $y = 0,327x^2 + 7,540x + 632,4$
 $R^2 = 0,440$ $R = 0,663$

Lama Perendaman 14 Hari $y = 0,232x^2 + 4,701x + 619,9$
 $R^2 = 0,288$ $R = 0,536$

Lama Perendaman 28 Hari $y = 0,386x^2 + 10,85x + 600,0$
 $R^2 = 0,553$ $R = 0,743$

Dengan:

- x = Kadar bottom ash (%)
- y = Vu uji (kgm)

Dari **Gambar 4.13** diatas dapat terlihat perbedaan nilai kuat geser (teori) pada balok untuk tiap variasi lama perendaman dengan menggunakan air laut. Pada perendaman 28 hari memiliki nilai rata-rata kapasitas lentur yang paling tinggi sedangkan kapasitas lentur rata-rata yang paling rendah terjadi pada perendaman 14 hari. Hal ini menunjukkan bahwa lama perendaman dengan menggunakan air laut mempunyai pengaruh yang tidak terlalu signifikan terhadap kapasitas lentur pada balok.

4.5 Pembahasan

4.5.1 Pembahasan Penelitian

Secara visual batas runtuh balok dapat digambarkan tentang perilaku balok pada saat mencapai kekuatan batasnya dimana gaya-gaya dalam tidak bisa mengimbangi gaya-gaya luar yang terjadi pada balok. Pada saat ini timbul banyak retak-retak pada balok dan menyebar. Lebar retak melebihi lebar retak izin yaitu 0,3 mm, lendutan yang terjadi sangat besar, panjang balok sudah tidak bisa lagi kembali kepanjang semula, pada keadaan inilah yang disebut batas runtuh, dimana komponen mencapai batas runtuhnya. Pada proses pengecoran dilakukan di dalam laboratorium dan pada saat proses pengadukan bahan banyak terjadi kendala diantaranya, proses kerja alat pencampur beton (*concrete mixer*) sudah tidak dapat melakukan adukan secara maksimal. Hal ini dapat dilihat dari kurangnya komposisi bahan saat proses pemindahan ke bekisting, padahal sesuai dengan perhitungan komposisi bahan tersebut dapat menampung bekisting. Hal ini dikarenakan proses pencampuran di dalam *concrete mixer* kurang merata, karena saat pembersihan *concrete mixer* banyak material – material yang belum tercampur. Penggunaan *bottom ash* pada campuran beton menyebabkan kebutuhan air menjadi lebih bertambah karena *bottom ash* bersifat menyerap air seperti halnya semen. Pada saat pengecoran penyerapan air pada *bottom ash* lebih besar dibandingkan semen, hal ini dapat dilihat saat pengecoran kebutuhan air semakin bertambah seiring bertambahnya kadar *bottom ash* dalam campuran. Untuk itu kita melakukan penambahan air pada saat pengecoran karena jika mengacu pada kebutuhan air sesuai perhitungan campuran beton normal maka campuran beton yang menggunakan *bottom ash* akan kering. Penambahan air tersebut akan berdampak pada nilai FAS (faktor air semen) serta nilai slumpnya. Selain itu, juga terjadi kendala saat proses pemindahan adukan beton ke dalam bekisting. Kendala tersebut adalah proses pemerataan di dalam bekisting, dalam proses pemerataan dilakukan tumbukan secara manual sehingga proses pemerataan kurang maksimal. Tumpuan sendi roll digunakan pada saat pemasangan balok uji ke *loading frame*, beban diletakkan ditengah bentang balok dengan *load cell* sebagai alat pembacaannya. Guna meneliti lendutan yang terjadi, dilakukan pemasangan 2 buah *dial guage* yang diletakkan di sepertiga bentang uji karena diasumsikan akan terjadi lendutan maksimum di posisi

tersebut. Retak yang terjadi hanya retak akibat geser, hal ini dibuktikan oleh pola retak yang terjadi dari tumpuan mengarah ke pusat pembebanan dan membentuk pola miring horisontal. Hal ini sesuai dengan perencanaan yaitu mengusahakan agar retak yang terjadi hanya retak akibat geser saja serta meniadakan akibat lentur.

4.5.2 Pembahasan Kuat Geser Balok

Metode perencanaan balok uji adalah metode kekuatan batas dimana balok dalam keadaan batas runtuh. Dari pembacaan *load cell indicator* saat balok dalam keadaan batas runtuh didapatkan nilai P_n uji yang terjadi tiap-tiap prosentase kadar *bottom ash* dan lama perendaman yang menunjukkan adanya peningkatan dan penurunan nilai beban runtuh (P_n uji). Hasil uji beban runtuh pada pada tiap-tiap prosentase kadar *bottom ash* dan lama perendaman dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut ini:

Tabel 4.12. V_u Uji

Prosentase Bottom Ash (%)	Lama Perendaman (hari)	V_u Uji (kg)
0	7	625
	14	611.25
	28	592.5
10	7	700
	14	672.5
	28	695
20	7	615
	14	577.5
	28	625
25	7	636.25
	14	615
	28	650

Dari tabel 4.12 bahwa prosentase kadar *bottom ash* 10% terjadi peningkatan kuat geser terhadap prosentase *bottom ash* 0%. Lalu untuk prosentase kadar *bottom ash* 20% terjadi penurunan kuat geser. Peningkatan atau penurunan kapasitas lentur tidak hanya disebabkan oleh prosentase kadar *bottom ash* yang berbeda-beda sehingga menghasilkan

kuat geser yang berbeda-beda, namun juga terjadi karena bahan campuran beton yang kurang mendapat perawatan serta mutu beton yang berbeda-beda pada masing-masing balok. Sehingga untuk analisis perhitungan secara teoritis, dilakukan uji statistik keseragaman terlebih dahulu terhadap elemen-elemen perhitungan yang memiliki nilai yang jauh bervariasi guna mendapatkan nilai yang homogen.

Peningkatan kuat geser terbesar terjadi pada prosentase kadar *bottom ash* 10%. Hal ini mungkin disebabkan karena *bottom ash* itu sendiri mempunyai salah satu unsur kimia semen yang penting pada proses pengikatan yaitu silika. Kandungan silika pada *bottom ash* mencapai 29,04%, jumlah tersebut melebihi jumlah kandungan silika pada semen yang berkisar antara 17-25%. Sehingga *bottom ash* tersebut diharapkan dapat bekerja sebagai pengganti semen pada balok dengan prosentase tertentu pada campuran.



