

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Bahan Campuran Beton

Pengujian bahan campuran beton terdiri dari pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar. Pemeriksaan bahan campuran dilakukan di Laboraturium Teknologi Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Adapun hasil pemeriksaan bahan campuran beton benda uji yang diperoleh diantaranya.

4.2. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Menggunakan Pasir Progo

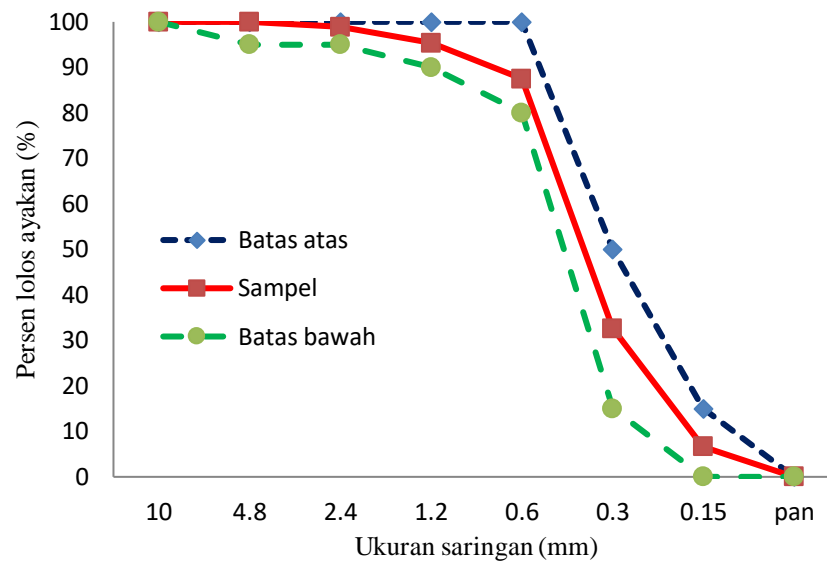
4.2.1 Gradasi Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan ini mengacu pada (BSN, 1990b), data hasil pemeriksaan gradasi agregat dapat dilihat ditabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian gradasi agregat halus

Nomor saringan	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Komulatif (%)	Lolos Komulatif (%)
4	0	0	0	100
8	11,32	1,13	1,13	98,87
16	35,04	3,50	4,64	95,36
30	78,80	7,88	12,52	87,48
50	548,56	54,86	67,37	32,63
100	259,94	25,99	93,37	6,63
Pan	66,34	6,63	-	-
Jumlah	1000	100	179,02	

Berdasarkan hasil pemeriksaan gradasi agregat halus pada Tabel 4.1 diperoleh bahwa berdasarkan Tabel 2.18 maka gradasi berada pada daerah No.4, yang artinya bahwa agregat termasuk dalam pasir sedikit halus dan diperoleh juga nilai modulus halus sebesar 1,79. Adapun Grafik gradasi no.4 dan batas-batasnya dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hubungan antara ukuran saringan dengan persen lolos agregat halus

4.2.2 Berat jenis dan penyerapan air agregat halus (pasir)

Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus/pasir dapat dilihat ditabel 4.2 dan pemeriksaan ini mengacu pada peraturan (BSN, 1990d) dengan berat jenis jenuh kering muka rata-rata agregat sebesar 2,63 dan penyerapan air 5,82%.

Tabel 4.2 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat

No	Pemeriksaan	Hasil rata-rata
1	Berat jenis curah	4,49
2	Berat jenis tampak	2,63
3	Berat jenis jenuh kering muka	2,91
4	Penyerapan air	5,82 %

4.2.3 Pengujian kadar lumpur agregat halus (pasir)

Pemeriksaan kadar lumpur rata-rata disini diperoleh sebesar 1% yang mengacu pada peraturan (BSN, 1990b). Kadar lumpur agregat ini tidak melebihi 5% dimana artinya agregat boleh tidak dicuci terlebih dahulu. Adapun hasil pemeriksaan dan hasil perhitungan terdapat pada Lampiran I.

4.2.4 Kadar air agregat halus

Kadar air yang diperoleh dari penelitian ini yaitu sebesar 1,4% dan agregat halus ini termasuk dalam kondisi basah. Ervianto dkk. (2016), telah melakukan

pemeriksaan pasir diantaranya kadar air agregat halus didapatkan sebesar 4,575% dan kadar air agregat halus belum termasuk dalam agregat halus kering permukaan (SSD). Kadar air yang didapatkan mempunyai selisih sekitar 3,175% dari kadar air agregat yang diperiksa oleh Ervianto dkk. (2016). Hasil analisis perhitungan kadar air agregat ini dapat dilihat pada Lampiran I.

4.2.5 Pemeriksaan Berat satuan agregat halus (pasir)

Hasil pemeriksaan berat satuan agregat halus didapatkanlah berat satuan agregat sebesar 1,608 gram/cm³. berat satuan agregat ini termasuk dalam agregat normal karena terletak diantara 1,50-1,80. Ervianto dkk. (2016), melakukan pemeriksaan berat satuan agregat halus dengan hasil 1,31 gram/cm³ dan belum termasuk dalam agregat normal. Selisih yang diperoleh Ervianto dengan pengujian ini yaitu sekitar 0,298 gram/cm³. Hasil pemeriksaan berat satuan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan analisis perhitungan berat satuan agregat halus terdapat pada Lampiran I.

Tabel 4.3 Hasil pemeriksaan agregat halus (pasir)

No	Pemeriksaan	Hasil
1	Gradasi butir agregat (zona)	4
2	Modulus halus butiran	1,79
3	Berat jenis agregat	2,63
4	Penyerapan air (%)	5,82
5	Kadar lumpur agregat (%)	1
6	Kadar air (%)	1,4
7	Berat satuan agregat (gram/cm ³)	1,608

4.3. Hasil Pengujian Agregat Kasar Menggunakan Kerikil dari Daerah Clereng, Yogyakarta

4.3.1 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar/kerikil

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar mengacu pada peraturan (BSN, 1990c), didapatkan berat jenis jenuh kering muka sebesar 2,59 dan termasuk dalam agregat normal karena diantara 2,50-2,70. Serta penyerapan air agregat sebesar 1,16% dan hasil pemeriksanan berat jenis dan penyerapan air dapat dilihat pada tabel 4.4. Adapun analisis hitungan dapat dilihat pada Lampiran II.

Tabel 4.4 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air

No	Pemeriksaan	Hasil
1	Berat jenis curah	2,56
2	Berat jenis tampak (ASG)	2,64
3	Berat jenis jenuh kering muka (SSD)	2,59
4	Penyerapan air kerikil (%)	1,16

1.3.2 Pemeriksaan berat satuan agregat kasar (kerikil)

Pengujian agregat kasar ini menghasilkan berat satuan sebesar 1,452 gram/cm³ dan dikelompokkan dalam agregat normal yaitu antara 1,50-1,80. Adapun hasil analisis perhitungan berat satuan agregat kasar (kerikil) dapat dilihat pada Lampiran II.

1.3.3 Pengujian keausan agregat kasar (kerikil)

Keausan butiran agregat kasar (kerikil) yang didapatkan dari pengujian ini yaitu sebesar 18,5% dan memenuhi persyaratan karena keausan kurang dari 40%. Ervianto dkk. (2016), menguji keausan agregat kasar dan diperoleh sebesar 21,36%, terdapat selisih sekitar 2,86%. Analisis perhitungan keausan agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran II.

4.3.4 Pengujian kadar air agregat kasar (kerikil)

Pemeriksaan kadar air agregat ini didapatkan sebesar 1,17%. Ervianto dkk. (2016), memeriksa kadar air dan mendapatkan sebesar 0,549% mempunyai selisih sekitar 0,621%. Dan analisis perhitungan kadar air agregat kasar (kerikil) dapat dilihat pada Lampiran II.

4.3.5 Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar (kerikil)

Kadar lumpur kerikil didapatkan 3,2% dan belum memenuhi standar kadar lumpur yang masih diperbolehkan, dikarenakan kadar lumpur agregat yang didapatkan lebih dari 1% maka agregat harus dicuci terlebih dahulu. Ervianto dkk. (2016), menguji kadar lumpur agregat mendapatkan 1,75% mempunyai selisih 1,45%. Dan hasil pengujian agregat kasar dapat dilihat ditabel 4.5. Adapun analisis hitungan dapat dilihat pada Lampiran II.

Tabel 4.5 Hasil pengujian agregat kasar (kerikil)

No	pemeriksaan	Hasil
1	Berat satuan agregat (gram/cm ³)	1,452
2	Kadar air agregat (%)	1,17
3	Kadar lumpur agregat (%)	3,2
4	Berat jenis agregat	2,59
5	Penyerapan air agregat (%)	1,16
6	keausan agregat kasar (%)	18,5

1.4 Hasil Perencanaan Campuran (*Mix Design*) Beton

Dalam perencanaan campuran (*mix design*) beton benda uji dilaksanakan mengacu pada peraturan (BSN, 2000). Pada perencanaan (*mix design*) ini bertujuan untuk mengetahui proporsi bahan campuran beton yang diperlukan sesuai kebutuhan. Hasil perencanaan *mix design* dengan FAS 0,41 dapat dilihat pada Tabel 4.6 untuk volume 1m³ dan pada Tabel 4.7 untuk volume benda uji yang akan dipakai yaitu silinder ukuran 150x300 mm, hasil analisis perhitungan *mix design* dapat dilihat pada Lampiran III.

Tabel 4.6 Hasil *mix design* untuk volume 1m³

Bahan	Variasi <i>Fly Ash</i>			Satuan
	5%	10%	15%	
Kerikil	1161,10	1161,10	1161,10	kg
Pasir	474,20	474,20	474,20	kg
Semen	474,81	449,82	424,83	kg
Air	201,92	201,92	201,92	liter
<i>Fly Ash</i>	24,99	49,98	74,97	kg
Bestmittel 0,6%	3,00	3,00	3,00	liter
Total	2340,18	2340,18	2340,18	kg

Tabel 4.7 Hasil *mix design* untuk volume 3 benda uji silnder 15x30 cm

Bahan	Variasi <i>Fly Ash</i>			Satuan
	5%	10%	15%	
Kerikil	18,46	18,46	18,46	kg
Pasir	7,54	7,54	7,54	kg
Semen	7,55	7,15	6,75	kg
Air	3,21	3,21	3,21	liter
<i>Fly Ash</i>	0,40	0,79	1,19	kg
Bestmittel 0,6%	0,05	0,05	0,05	liter
Total	37,21	37,21	37,21	kg

1.5 Hasil Pengujian *Slump* Beton Segar

Pengujian *slump* ini dilakukan pada beton segar dengan bahan campuran berupa bestmittel 0,6% dari berat semen dan *fly ash* 5%, 10%, 15% dari berat semen juga pada perendaman (*curing*) air laut saat beton telah diaduk secara merata dengan usia 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Adapun hasil pengujian *slump* beton segar adalah sebagai berikut pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil pengujian *slump* beton segar

No	Variasi <i>Fly Ash</i> (%)	Usia Perendaman	Nilai <i>Slump</i> rata-rata (cm)
1.	5	3	16,5
		7	
		14	
		28	
2.	10	3	18
		7	
		14	
		28	
3.	15	3	14,2
		7	
		14	
		28	

Berdasarkan pada Tabel 4.8 diperoleh hasil pengujian *slump* beton segar berturut-turut dengan variasi *fly ash* 5%, 10%, 15% yaitu 16,5 cm; 18 cm; 14,2 cm. dan diperoleh bahwa nilai *slump* yang paling tinggi yaitu *fly ash* 10% dengan 18 cm, tinggi rendahnya nilai *slump* pada beton segar ini berpengaruh pada proses pengerjaan (*workability*) beton.

1.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada penelitian beton ini didapatkan nilai kuat tekan beton dengan bahan tambah bestmittel 0,6% dan variasi *fly ash* sebesar 5%, 10%, 15% dari berat semen dan perendaman (*curing*) air laut pada usia perendaman beton 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. pengujian kuat tekan ini dilakukan dengan alat uji tekan *merk hung ta* dengan kapasitas hingga 150 MPa dan akan dibaca oleh komputer sehingga hasil dapat langsung dilihat. Hasil kuat tekan beton ini dapat dilihat pada Tabel 4.9, 4.10, dan 4.11.

Tabel 4.9 Hasil kuat tekan beton variasi *fly ash* 5%

No	Kode benda Uji	Variasi <i>Fly Ash</i> (%)	Umur (hari)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
1.	G1-3FA5%			19,44	
2.	G2-3FA5%	5	3	18,61	18,87
3.	G3-3FA5%			18,61	
4.	A1-7FA5%			20,21	
5.	A2-7FA5%	5	7	24,90	24,24
6.	A3-7FA5%			27,61	
7.	D1-14FA5%			33,37	
8.	D2-14FA5%	5	14	36,64	35,19
9.	D3-14FA5%			35,58	
10.	J1-28FA5%			28,54	
11.	J2-28FA5%	5	28	31,68	30,27
12.	J3-28FA5%			30,58	

Berdasarkan pada Tabel 4.9 didapati bahwa nilai kuat tekan rata-rata beton berturut-turut dengan umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan penambahan bestmittel dan varisasi *fly ash* 5% dari berat semen adalah sebesar 18,87 MPa, 24,24 MPa, 35,19 MPa, dan 30,27 MPa.

Tabel 4.10 Hasil kuat tekan beton variasi *fly ash* 10%

No	Kode benda uji	Variasi <i>fly ash</i> (%)	Umur (hari)	Kuat tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
1.	H1-3FA10%			17,78	
2.	H2-3FA10%	10	3	18,10	18,03
3.	H3-3FA10%			18,21	
4.	B1-7FA10%			26,58	
5.	B2-7FA10%	10	7	26,17	25,57
6.	B3-7FA10%			23,97	
7.	E1-14FA10%			31,04	
8.	E2-14FA10%	10	14	19,73	27,29
9.	E3-14FA10%			31,09	
10.	K1-28FA10%			38,02	
11.	K2-28FA10%	10	28	37,18	36,98
12.	K3-28FA10%			35,74	

Berdasarkan pada Tabel 4.10 didapatkan bahwa kuat tekan rata-rata beton berturut-turut dengan umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan penambahan bestmittel dan varisasi *fly ash* 10% dari berat semen yaitu sebesar 18,03 MPa, 25,57 MPa, 27,29 MPa, dan 36,98 MPa.

Tabel 4.11 Hasil kuat tekan beton variasi *fly ash* 15%

No	Kode benda uji	Variasi <i>fly ash</i> (%)	Umur (hari)	Kuat tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
1.	I1-3FA15%			18,59	
2.	I2-3FA15%	15	3	18,07	17,89
3.	I3-3FA15%			17,01	
4.	C1-7FA15%			22,78	
5.	C1-7FA15%	15	7	26,03	25,25
6.	C1-7FA15%			26,94	
7.	F1-14FA15%			31,80	
8.	F2-14FA15%	15	14	25,69	28,71
9.	F3-14FA15%			28,63	
10.	L1-28FA15%			37,10	
11.	L2-28FA15%	15	28	35,56	36,95
12.	L3-28FA15%			38,19	

Berdasarkan pada Tabel 4.11 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan rata-rata beton berturut-turut pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan penambahan *bestmittel* dan variasi *fly ash* 15% dari berat semen yaitu sebesar 17,89 MPa, 25,25 MPa, 28,71 MPa, dan 36,95 MPa.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton yang didapatkan seperti pada tabel 4.9, 4.10, dan 4.11 maka dapat dilihat Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 bahwa kondisi beton benda uji sebelum diuji tekan terdapat jamur-jamur dan setelah diuji tekan maka terdapat retakan-retakan pada sisi beton.



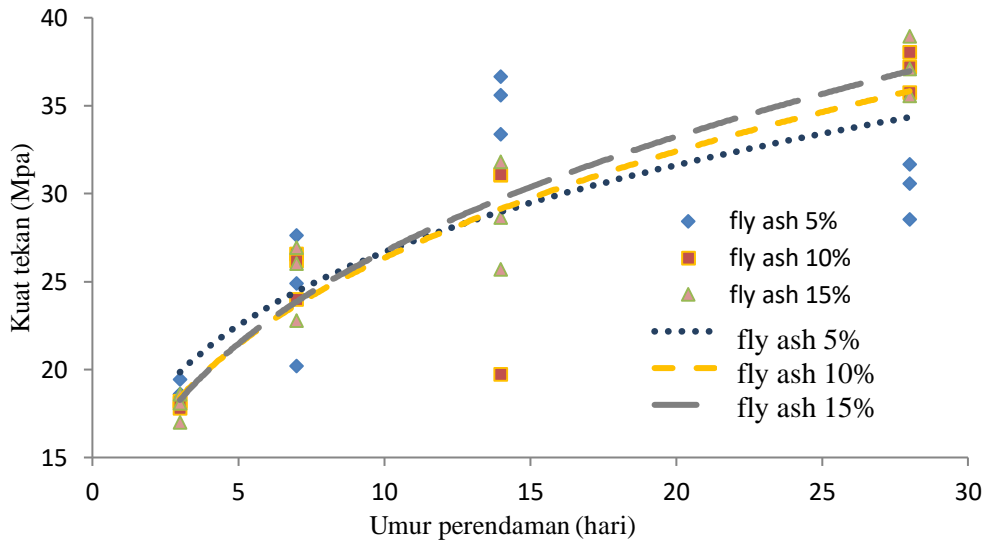
Gambar 4.2 Benda uji sebelum di uji tekan



Gambar 4.3 Benda uji setelah di uji tekan

1.7 Pembahasan Hubungan Umur Dan Kuat Tekan

Berdasarkan pada Tabel 4.9, 4.10, dan 4.11, maka grafik hubungan hasil kuat tekan menurut umur perendaman beton dengan penambahan bestmittel dan perbedaan variasi *fly ash* dari berat semen dapat dilihat pada Gambar 4.4



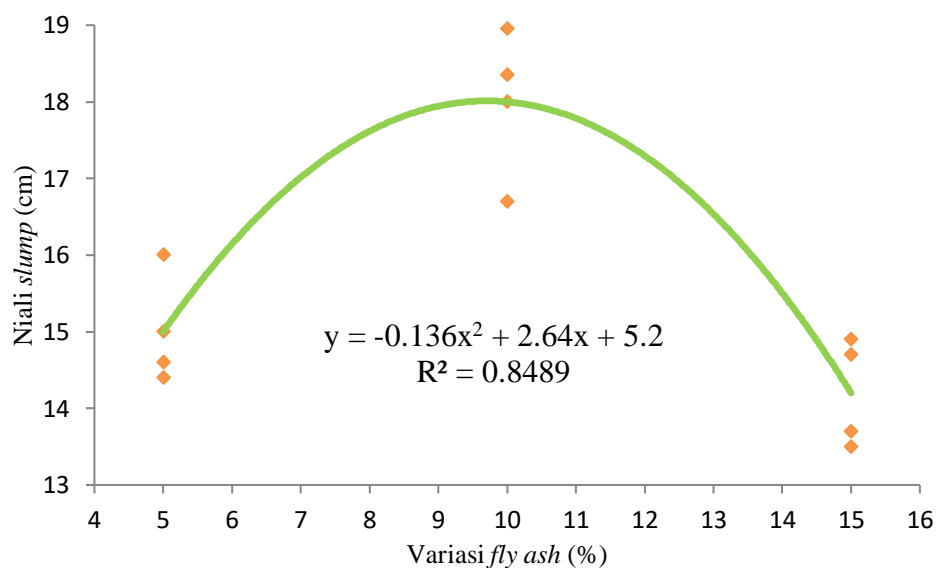
Gambar 4.4 Hubungan umur perendaman dengan kuat tekan beton

Berdasarkan pada Gambar 4.4 dapat terlihat bahwa nilai kuat tekan beton pada umumnya akan semakin meningkat jika umur perendaman semakin lama, karena beton ini termasuk bahan yang awet (ditinjau dari pemakaiannya) maka sebagai standar kuat tekan ditetapkan waktu 28 hari. Beton dengan bahan tambah bestmittel 0,6% dan variasi *fly ash* 5%, 10%, 15% dengan perendaman (*curing*) air laut telah mencapai kuat tekan rencana yaitu 35 MPa. Beton dengan penambahan bestmittel 0,6% dan *fly ash* 5% umur 3 hari, 7 hari, 14 hari mengalami peningkatan kuat tekan namun pada saat umur 28 hari beton mengalami penurunan secara drastis untuk kuat tekannya. Hal ini kemungkinan disebabkan karena adanya kesalahan pada saat proses pembuatan benda uji, pengadukan, maupun pemadatan, atau terjadi reaksi secara kimia pada beton oleh perendaman menggunakan air laut, dikarenakan ketiga benda uji beton dengan campuran bestmittel 0,6% dan *fly ash* 5% pada umur 28 hari semuanya mengalami penurunan kuat tekan karena jika hanya kesalahan pada saat penuangan acak sampelnya maka seharusnya tidak semuanya benda uji tersebut mengalami penurunan nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan beton umur perendaman 3

hari rata-ratanya yaitu sebesar 18,87 MPa, untuk umur 7 hari kuat tekan rata-ratanya sebesar 24,24 MPa, umur perendaman 14 hari mempunyai kuat tekan rata-rata yaitu 35,19 MPa, dan untuk umur 28 hari memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 30,17 MPa. Kuat tekan beton dengan bahan tambah bestmittel 0,6% dan *fly ash* 10% pada umur perendaman 3 hari, 7 hari, 14 hari, 28 hari yaitu sebesar 18,03 MPa pada umur 3 hari, untuk umur 7 hari mempunyai kuat tekan rata-rata 25,57 MPa, umur 14 hari kuat tekan rata-ratanya yaitu 27,29 MPa, dan untuk umur 28 hari memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 36,98 MPa. Nilai kuat tekan beton dengan campuran bestmittel 0,6% dan *fly ash* 15% pada umur perendaman 3 hari, 7 hari, 14 hari, 28 hari selalu meningkat. Pada umur 3 hari kuat tekan rata-rata beton sebesar 17,89 MPa, pada umur 7 hari mempunyai kuat tekan rata-rata yaitu 25,25 MPa, untuk umur 14 hari didapatkan kuat tekan rata-rata sebesar 28,71 MPa, dan pada umur 28 hari memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 36,95 MPa.

1.8 Pembahasan Hubungan Variasi *Fly Ash* dan *Slump*

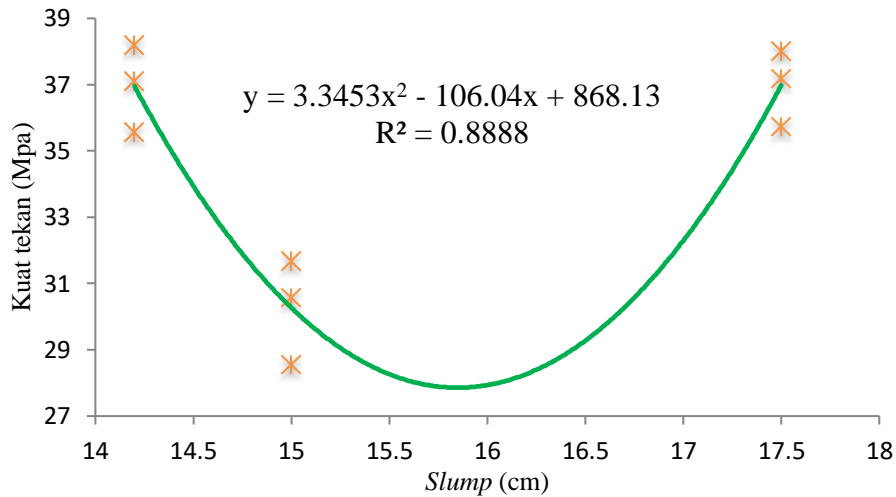
Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa semakin banyak penggunaan *fly ash* pada beton maka akan semakin tinggi juga nilai *slump*-nya tetapi jika terlalu banyak penggunaan *fly ash* nilai *slump* pun akan menurun. Ini terlihat juga dari hasil persamaan $y = -0,136x^2 + 2,64x + 5,2$ dimana nilai optimum terletak pada *fly ash* 9,5% yaitu 18,06 cm.



Gambar 4.5 Hubungan antara variasi *fly ash* dengan nilai *slump*

1.9 Pembahasan Antara *Slump* dan Kuat Tekan Beton

Berdasarkan Gambar 4.6 menunjukkan hasil persamaan tersebut bahwa semakin besar nilai *slump* maka semakin menurun kuat tekannya namun saat nilai *slump* berada diatas 16 cm kuat tekannya justru semakin meningkat.



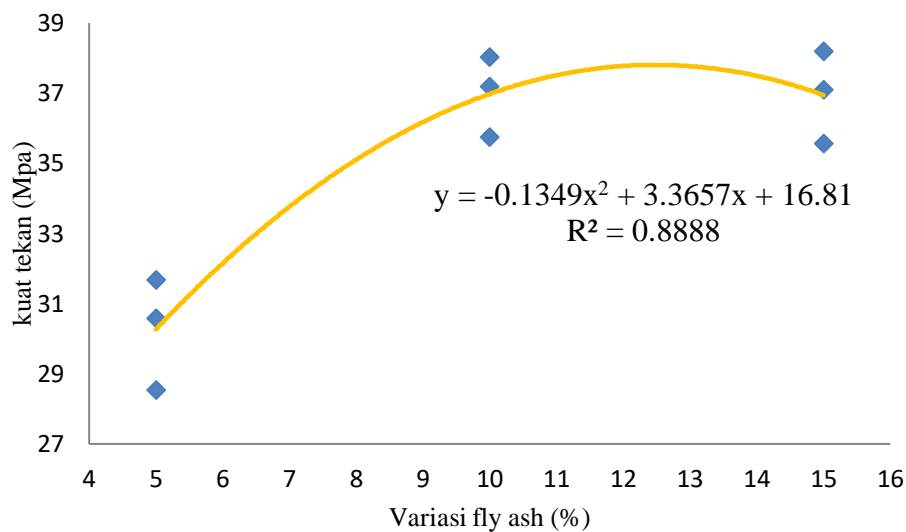
Gambar 4.6 Hubungan *slump* dengan kuat tekan beton

1.10 Pembahasan Hubungan Variasi dengan Kuat Tekan

Berdasarkan Gambar 4.7 memperlihatkan bahwa masing-masing variasi *fly ash* nilai kekuatan tekan setiap benda ujinya berbeda namun tak terlalu jauh perbedaannya. Hal ini bisa diakibatkan karena beberapa faktor seperti pada penuangan beton segar atau pengadukan beton sehingga tak diketahui dalam satu silinder terdapat agregat kasar atau agregat halus lebih banyak dari pada silinder lainnya.

Berdasarkan Gambar 4.7 terdapat persamaan $y = -0,1349x^2 + 3,3657x + 16,81$ maka didapatkan nilai kuat tekan optimum antara kadar *fly ash* 5%, 10%, dan 15% adalah pada proporsi 12,5% yaitu sebesar 37,80 MPa. Hasil dari persamaan ini diketahui bahwa nilai kuat tekan beton semakin meningkat dengan bertambahnya kadar *fly ash* pada campuran beton, namun penggunaan *fly ash* yang terlalu banyak juga akan menurunkan nilai kuat tekannya karena kadar semen juga akan berkurang dan *fly ash* belum dapat sepenuhnya bagaikan semen yang fungsinya memang pengikat. Nilai kekuatan tekan beton dengan penambahan *fly ash* dan zat adiktif (*bestmittel*) sudah sesuai dengan kuat tekan yang telah direncanakan yaitu sebesar 35 MPa, hasil nilai kekuatan tekan rata-

ratanya maksimal yang didapat ialah 36,95 MPa, dan untuk kekuatan tekan benda uji yang tertinggi didapatkan 38,95 MPa.



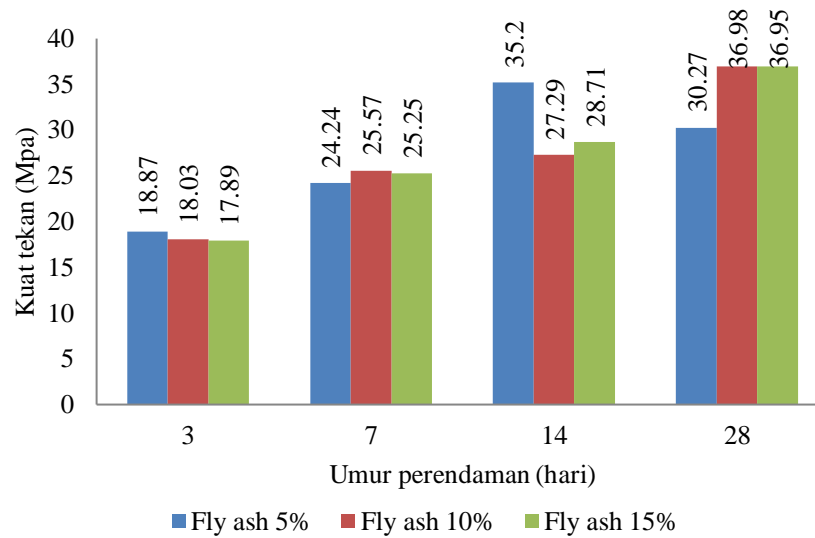
Gambar 4.7 Perbandingan penambahan *fly ash* dengan kuat tekan

1.11 Perbandingan Kuat Tekan Beton dengan Variasi *Fly Ash* 5%, 10%, 15% dan Bestmittel 0,6%

Berdasarkan pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan rata-rata yang paling tinggi pada umur 28 hari yaitu *fly ash* 10% dengan kuat tekan rata-rata 36,98 MPa, pada umur 14 hari nilai kuat tekan paling tinggi adalah *fly ash* 5% dengan kekuatan tekan rata-ratanya ialah 35,19 MPa, untuk umur 7 hari kuat tekan rata-rata yang tertinggi ialah *fly ash* 10% dengan kuat tekan 25,57 MPa, dan untuk umur 3 hari nilai kuat tekan paling tinggi yaitu *fly ash* 5% dengan kuat tekan rata-rata 18,87 MPa. Pada beton dengan *fly ash* 5% di umur 28 hari kuat tekan rata-ratanya menurun drastis, ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor seperti menggumpalnya agregat pada waktu proses pembuatan beton segar karena dapat mengurangi nilai kuat tekan beton tersebut, hal ini bisa terjadi dikarenakan proses pengadukan yang kurang merata itu dapat terlihat dari penurunan kuat tekan yang terjadi ke semua sampel *fly ash* 5% pada umur 28 hari karena jika terjadi kesalahannya pada saat penuangan beton segar secara acak maka tidak seharusnya semua sampel tersebut mengalami penurunan kuat tekan, pemadatan saat pembuatan beton silinder yang mungkin lebih banyak mengandung agregat kasar atau agregat halus dari pada silinder lainnya karena pada proses pemadatan

juga dapat berpengaruh pada kuat tekan yang diperoleh sehingga pemadatan harus dilakukan dengan benar dan merata.

Agar mengerti bagaimana perbandingan kuat tekan beton dengan bestmittel 0,6% dan *fly ash* 5%, 10%, 15% dari berat semen maka dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Perbandingan hubungan antara umur perendaman dengan kuat tekan beton variasi *fly ash*