

ANALISIS PENGARUH CAMPURAN *FLY ASH*, SIKAMENT NN DAN SERBUK CaCO_3 PADA BETON TERHADAP NILAI KUAT TEKAN AWAL BETON

Aristo Sofian^a, Aziz Bayu Ramadhan^b, Azwar Arrosyid^c

^{abc} Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, Indonesia

Corresponding Author:

Aristo Sofian, Aziz Bayu Ramadhan,
Azwar Arrosyid
UNISSULA, Semarang, Indonesia
Email: aristosofian26@gmail.com,
aziz.ramadhan0403@gmail.com,
azwararrosyid98@gmail.com

Keywords:

Concrete, Fly Ash, CaCO_3 , Early
Compressive Strength, Sikament
NN, Workability

Abstract: Nowadays, the use of portland cement in concrete can pollute the environment because the pollution caused by portland cement factories. Therefore, the environmentally friendly materials which have the properties of portland cement are needed to reduce the proportion of portland cement and at once can improve the quality and the characteristics of concrete. This study aimed to determine the increase of early compressive strength of concrete with added materials Sikament NN and fine powder of CaCO_3 and fly ash. The innovation of admixtures that we use in order to substitute the proportion of some portland cement are CaCO_3 powder as type C admixture (accelerator) and Fly Ash type C with the percentage of each is 10% and 30% of the total weight of portland cement. In order to improve the workability of concrete, we use type E admixture (accelerator and water reducer) with the name of product is Sikament NN by 1,5% of the total weight of portland cement. The Mixing method used is SNI-03-6468-2000. The desired compressive strength of concrete with added materials CaCO_3 powder, fly ash and sikament NN at age 1 day in mix design is 15,31 MPa and the slump value is 22,5 cm. the result showed that compressive strength of concrete at age 1 day with those admixtures is 17,19 MPa and the slump values is 23 cm. From the datas we know that concrete with added materials CaCO_3 powder, fly ash and sikament NN can increase the early compressive strength about 12,3 %.

1. PENDAHULUAN

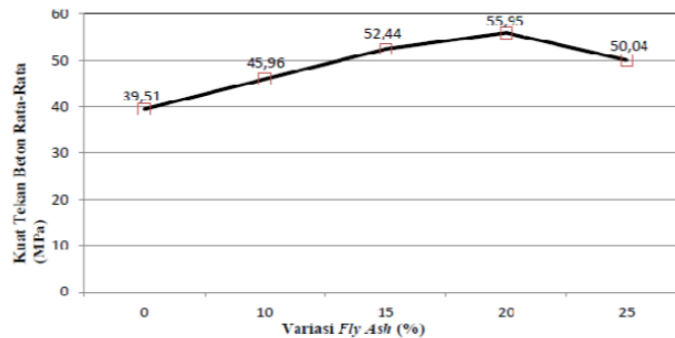
Seiring bertambahnya kebutuhan terhadap beton sebagai salah satu material konstruksi bangunan akan berpotensi buruk terhadap kondisi lingkungan. Eksploitasi material bahan utama pembuatan semen, yaitu kapur dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dan kerusakan lingkungan di daerah tempat penambangan material. Efek samping dari industri produksi semen juga akan menambah kadar gas CO_2 dan CO di udara yang mana akan berpengaruh terhadap kesehatan makhluk hidup dan berperan dalam efek rumah kaca. Selain itu, dalam penerapannya di lapangan beton diharuskan memiliki beberapa sifat untuk memenuhi kriteria pekerjaan dan spesifikasi struktur bangunan. Karakteristik atau sifat beton tersebut antara lain; kuat tekan, kelecakan, durabilitas dan lain sebagainya. Untuk memenuhi kriteria tersebut, diperlukan penggunaan bahan tambah (*additive*) dan juga bahan pengganti (*admixture*) dalam campuran beton. Harga yang relatif mahal dan juga kesulitan dalam mendapatkannya di pasaran menjadi permasalahan utama penggunaan bahan tambah tersebut. Menurut (Wardhono et al, 2012) bahan dasar campuran dapat diganti dengan menggunakan bahan pengganti dari limbah industri ataupun bahan yang tidak terpakai.

Oleh sebab itu, penulis mencoba untuk melakukan inovasi yang dapat dikembangkan dan juga diimplementasikan sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan di atas. Fokus dari karya ilmiah ini yaitu merencanakan dan membuat beton dari bahan ramah lingkungan yang memiliki kuat tekan awal dan akhir tinggi, kelecakan yang baik, dan juga tentunya ekonomis.

Material bahan tambah yang kami gunakan yaitu *fly ash*, *superplasticizer* dan serbuk CaCO_3 (serbuk batu kapur).

- *Fly ash* (abu terbang) adalah material yang berasal dari sisa pembakaran industri batubara yang tidak terpakai. *Fly Ash* dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen sebagian dan sebagai

filler, sehingga dapat mengisi pori-pori yang ada pada beton untuk memperbaiki mutu beton. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Ariyani N dan Laia P pada tahun 2013, kuat tekan beton tertinggi diperoleh pada campuran *fly ash* 20% dari berat semen yaitu 55,95 Mpa. Hubungan nilai kuat tekan dengan kadar *fly ash* ditunjukkan pada gambar 1. Hal ini menunjukkan penambahan kadar abu terbang sebagai bahan pengganti semen sebagian dapat meningkatkan kuat tekan beton. Selain itu dengan digunakannya *fly ash* sebagai bahan pengganti semen sebagian dapat mengurangi biaya produksi beton. Dengan batasan semen sebesar 300 kg/m³ digunakan bahan tambahan *fly ash* sebesar 30% dari berat bahan semen total.



Gambar 1. Grafik Nilai Kuat Tekan dengan Kadar *Fly Ash* tertentu
(Penelitian Ariyani N dan Laia P, 2013)

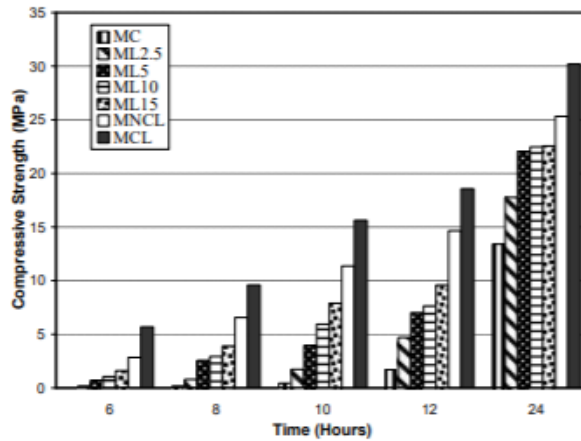
- *Superplasticizer* merupakan salah satu bahan tambah beton (*admixtures*) dalam solusi mewujudkan beton dengan *workability* yang tinggi. Jenis *superplasticizer* yang kami gunakan sebagai inovasi bahan tambah yaitu Sikament NN yang mana merupakan *admixtures* Tipe E (*Water reducer and Accelerator*). Bersumber dari PT. Sika Indonesia, Sikament NN memiliki fungsi ganda yaitu sebagai pereduksi air dan mempercepat waktu ikat awal dan akhir pada mortar. Selain itu penambahan Sikament NN dengan kadar 1,5% (berdasarkan efisiensi biaya dan nilai slump 225 mm) dari berat total bahan semen dengan hasil kuat tekan rencana minimal 66,285 MPa. Hubungan antara nilai slump dan proporsi penggunaan Sikament NN dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Hubungan antara nilai slump dan proporsi Sikament NN
(PT Sika Indonesia, 2005)

Concrete consistency		
Mix	Dosage and when added	Slump (cm)
1	Without Sikament [®] -NN	5
2	1% Sikament [®] -NN with gauging water	12
3	1% Sikament [®] -NN immediately after making original concrete and further mixing for 1 min.	15
4	1% Sikament [®] -NN ½ hr after making up concrete and further mixing for 1 min.	16

- Serbuk CaCO₃ (Kalsium karbonat) dalam campuran beton digunakan sebagai bahan pengganti semen sebagian yang dapat mempercepat proses hidrasi (*accelerator*) pada beton sehingga dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton umur sehari. Kalsium Karbonat dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti CaCl₂ atau bahan berbasis klorida lainnya untuk mempercepat waktu ikat awal dan akhir semen tetapi memiliki efek negatif yaitu menyebabkan korosi pada tulangan beton bertulang dan harganya mahal. Nilai kuat tekan pada umur awal beton dengan variasi penambahan kadar CaCO₃ memang tidak lebih tinggi dari bahan berbasis klorida, tetapi akan lebih efisien dari sudut pandang biaya dan efek yang ditimbulkan terhadap tulangan. Sesuai dengan efisiensi kebutuhan semen maka digunakan CaCO₃ sebesar 10% dari

berat bahan semen total. Hubungan antara kuat tekan awal beton dengan berbagai variasi penambahan CaCO_3 dan bahan berbasis klorida ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan Kuat Tekan Awal Beton dengan Variasi Penambahan CaCO_3 dan Bahan Berbasis Klorida (Research]. Camiletti, A.M. Soliman and M.L. Nehdi, 2010)

Tujuan umum gagasan ini adalah untuk mendapatkan bahan tambah pada campuran beton (*admixtures*) yang dapat mengurangi penggunaan komposisi semen, mencari ide dalam peningkatan mutu dan sifat beton dengan biaya yang relatif murah namun memiliki kualitas yang lebih baik serta ramah lingkungan dan mengetahui bagaimana membuat *mix design* dan menghitung proporsi campuran beton dengan material utama dan bahan tambah.

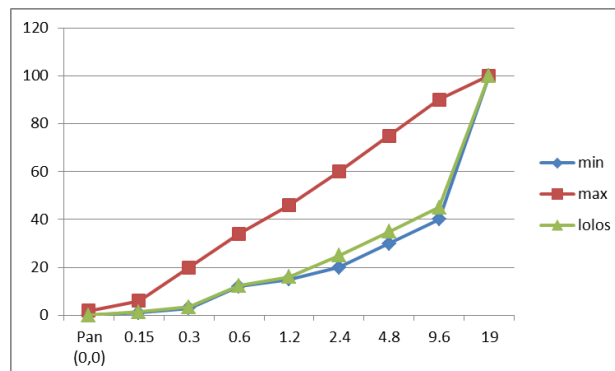
2. DATA DAN METODE

2.1. Data Material

1. Agregat Kasar
 - Pemeriksaan Gradasi Besar Butiran

Tabel 2. Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan #	Berat Tertahan (gram)	Berat Tertahan (%)	Berat Tertahan Kumulatif (%)	Berat lolos (%)
19	0	0.0	0.0	100.0
9.6	550	55.0	55.0	45.0
4.8	100	10.0	65.0	35.0
2.4	100	10.0	75.0	25.0
1.2	90	9.0	84.0	16.0
0.6	35	3.5	87.5	12.5
0.3	90	9.0	96.5	3.5
0.15	20	2.0	98.5	1.5
Pan	15	1.5	100.0	0.0
Total	1000	100	463	



Gambar 3 Grafik Gradasi Agregat Kasar

- Modulus Halus Butir = 4,63
- Berat Satuan Volume = 1622 gr
- Berat Jenis Relatif (SSD) = 2,78
- Kadar Air = 0,6 %

2. Agregat Halus

- Pemeriksaan Gradasi Besar Butiran

Tabel 3 Gradasi Agregat Halus

Ukuran	Berat Tertahan (gram)	Berat Tertahan (%)	Berat Tertahan Kumulatif (%)	Berat lolos kumulatif (%)
No. 4 (4.75 mm)	0.065	4.851	4.851	95.149
No. 8 (2.38 mm)	0.11	8.209	13.060	86.940
No. 16 (1.18 mm)	0.16	11.940	25	75.000
No. 30 (0.6 mm)	0.265	19.776	44.776	55.224
No. 50 (0.3 mm)	0.205	15.299	60.075	39.925
No. 100 (0.15 mm)	0.25	18.657	78.731	21.269
No. 200 (0.075mm)	0.07	5.224	83.955	16.045
Pan	0.215	16.045	100	0
Total	1.34	100	310	

- Modulus Halus Butir = 3,1
- Berat Satuan Volume = 1648 gr
- Berat Jenis Relatif (SSD) = 2,58
- Kadar Air = 6,3 %

3. Fly Ash

- Tipe = Tipe C
- Berat Jenis Relatif = 2,64

4. Serbuk CaCO₃

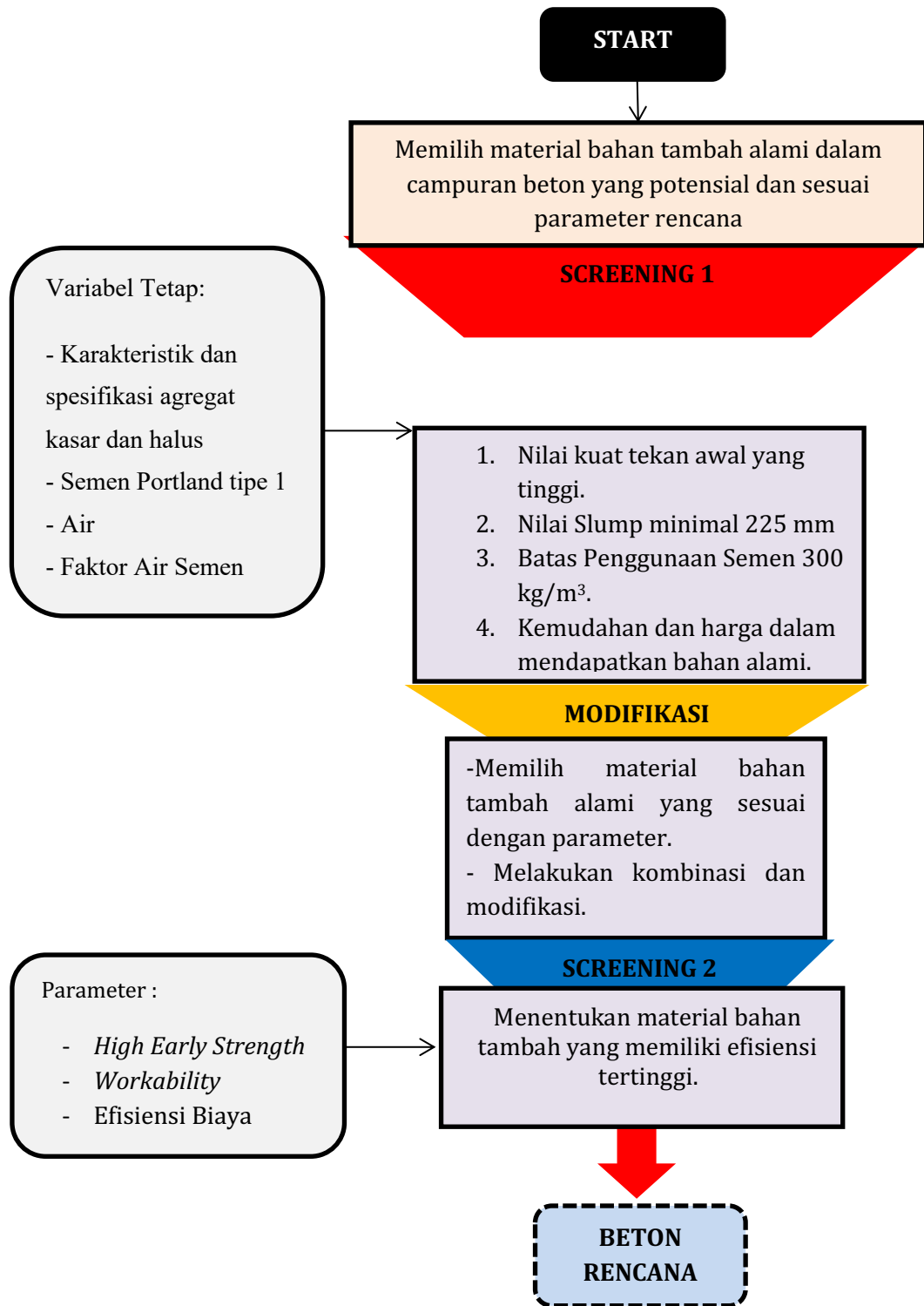
- Asal Dari = Kec. Sukolilo, Kab. Pati
- Berat Jenis Relatif = 2,74

5. Superplasticizer (Sikamen NN)

- Tipe Admixture = Tipe E (*Water Reducing and Accelerating Admixture*)
- Berat Jenis Relatif = 1,2 kg/lt
- pH = ± 7,5

2.2. Metode Pengujian**2.2.1 Pemilihan Material Bahan Tambah Alami**

Pemilihan material bahan tambah alami dalam campuran beton rencana ditentukan melalui beberapa tahap seperti berikut:

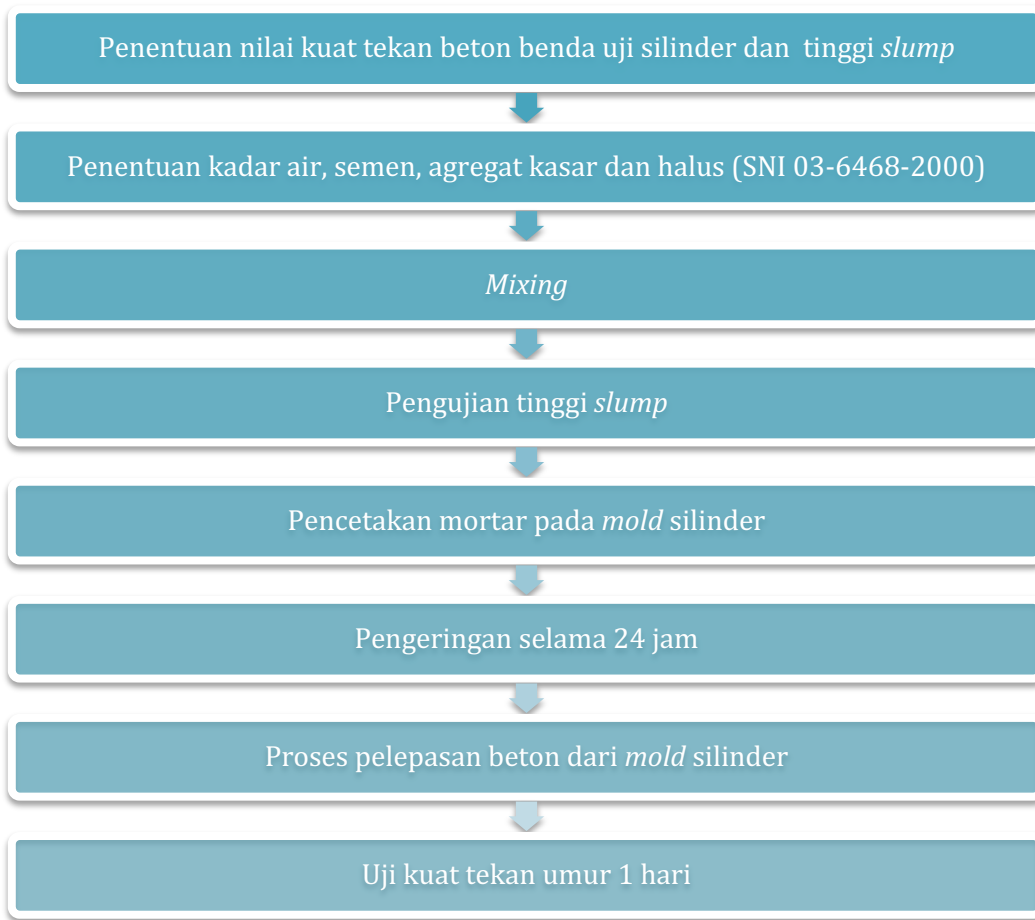


Gambar 4.Diagram Alir Pemilihan Material Bahan Tambah Alami

2.2.2 Metode Perencanaan dan Pembuatan Benda Uji

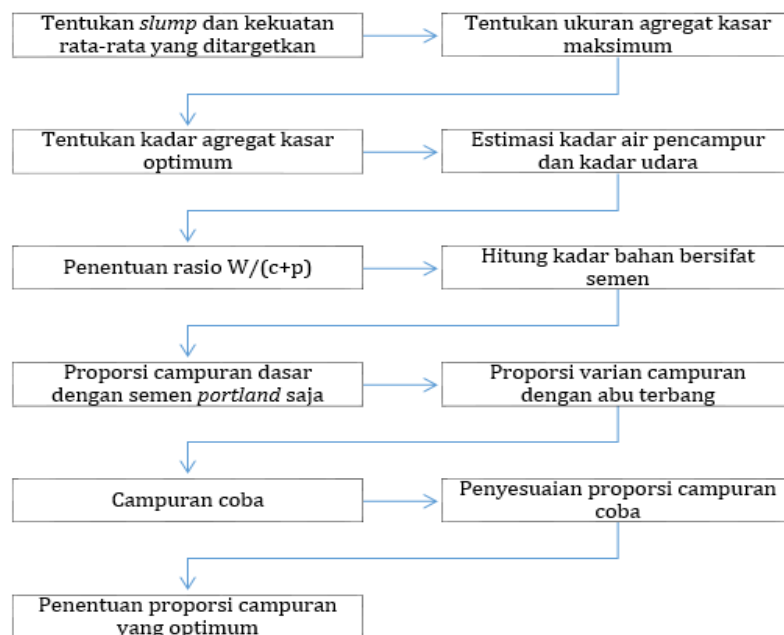
Langkah awal dalam penelitian ini yaitu melakukan pengendalian kualitas dan mutu beton melalui *mix design*. Perencanaan campuran beton dilakukan berdasarkan SNI 03-6468-2000 tentang

Tata Cara Perencanaan Beton Berkekuatan Tinggi dengan Semen Portland dan Abu Terbang. Diagram alir proses perencanaan dan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:



Gambar 5.Diagram Alir Proses Perencanaan dan Pembuatan Benda Uji

Dalam perencanaan perhitungan proporsi campuran beton (*mix design*) yang mengacu pada SNI 03-6468-2000 mengikuti tahapan atau alur sebagai berikut:



Gambar 6.Diagram Alir Proses Perhitungan Proporsi Campuran Beton (Mix Design)

2.2.3 Perhitungan *Mix Design* Benda Uji

Langkah-langkah perencanaan proporsi campuran beton (*mix design*) yang mengacu pada SNI 03-6468-2000 adalah sebagai berikut:

- Kuat Tekan yang disyaratkan ($f'c$) = 50 Mpa
- Umur = 28 Hari
- Ukuran Agregat Maksimum = 15 mm
- Nilai slump (setelah penambahan SP) = Minimal 225 mm

1. Menentukan *Slump* dan Kekuatan Rata-Rata yang Ditargetkan

Slump awal sebelum dan sesudah penambahan superplasticizer, direncanakan sebesar 25-50 cm. proporsi campuran akan dibuat berdasarkan campuran coba laboratorium dengan nilai kuat tekan yang ditargetkan ($f'cr$) adalah sebagai berikut:

$$f'cr = \frac{(50 + 9,66)}{0,90} = 66,289 \text{ Mpa (pada umur 28 hari atau 15,31 Mpa pada umur 1 hari)}$$

2. Menentukan ukuran agregat kasar maksimum

Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan 66,289 MPa > 62,1 Mpa, maka digunakan agregat kasar batu pecah dengan ukuran maksimum 15 mm.

3. Tentukan kadar agregat kasar optimum

Tabel 4. Fraksi Agregat Kasar yang Disarankan (Analisis, 2019)

Ukuran (mm)	10	15	20	25
Fraksi Volume Padat Kering Oven	0,65	0,68	0,72	0,75

Karena ukuran agregat kasar maksimum 15 mm, maka dari tabel 4, didapat fraksi agregat kasar optimum = 0,68. Maka, kadar agregat kasar padat kering oven = 0,68 x 1622 = 1102,96 kg/m³.

4. Estimasi kadar air pencampur dan kadar udara

Tabel 1. Estimasi Pertama kebutuhan Air Pencampuran dan Kadar Udara Beton Segar Berdasarkan Pasir dengan 35% Rongga Udara (Analisis, 2019)

Slump (mm)	Air Pencampur (Liter/m ³)				Keterangan
	Ukuran Agregat Kasar Maksimum (mm)				
	10	15	20	25	
25-50	184	175	169	166	
50-75	190	184	175	172	
75-100	196	190	181	178	
Kadar Udara	3,0	2,5	2,0	1,5	Tanpa Superplasticizer
(%)	2,5	2,0	1,5	1,0	Dengan Superplasticizer

Berdasarkan slump awal sebesar 25-50 mm dan ukuran agregat kasar maksimum 15 mm, dari tabel 4. didapat estimasi pertama kebutuhan air = 175 liter/m³ dan kadar udara untuk beton kekuatan tinggi dengan superplasticizer = 2,0 %.

$$\text{Kadar Rongga Udara (V)} = \left(1 - \frac{1648}{2,58 \times 1000}\right) \times 100\% = 36,12\%$$

$$\text{Koreksi Kadar Air} = (36,12 - 35) \times 4,75 = 5,32 \text{ liter/m}^3$$

$$\text{Kebutuhan Air Total} = 175 + 5,32 = 180,32 \text{ liter/m}^3$$

Di dalam nilai ini belum termasuk air yang terkandung di dalam Superplasticizer cair.

5. Penentuan rasio $W/(c+p)$ **Tabel 2.** Rasio $W/(c+p)$ Maksimum yang Disarankan (Dengan Superplasticizer)

Kekuatan Lapangan f'_{cr} (MPa)		W / (c + p)			
		Ukuran Agregat Kasar Maksimum (mm)			
		10	15	20	25
48,3	28 hari	0,50	0,48	0,45	0,43
	56 hari	0,55	0,52	0,48	0,46
55,2	28 hari	0,44	0,42	0,40	0,38
	56 hari	0,48	0,45	0,42	0,40
62,1	28 hari	0,38	0,36	0,35	0,34
	56 hari	0,42	0,39	0,37	0,36
69,0	28 hari	0,33	0,32	0,31	0,30

Pada tabel 4. untuk beton kekuatan tinggi dengan superplasticizer dan ukuran agregat maksimum 15 mm dengan nilai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan untuk kondisi laboratorium pada umur 28 hari. $f'_{cr} = 66,289$ MPa, maka kekuatan lapangan $f'_{cr} = 0,90 \times 66,289 = 59,66$ Mpa. Setelah diinterpolasi, maka nilai rasio $W/(c+p) = 0,38$.

6. Hitung kadar bahan bersifat semen

Kadar bahan bersifat semen : $(c + p) = 180,32 : 0,38 = 474,5$ kg/m³ beton. Pada ketentuan tidak dipersyaratkan nilai kadar minimum bahan bersifat semen, maka kadar bahan bersifat semen yang digunakan 474,52 kg/m³ beton.

7. Proporsi campuran dasar dengan semen portland saja

Volume semua bahan kecuali pasir per m³ campuran beton adalah sebagai berikut:

Semen Portland	= 474,5 : 3,15	= 150,64	liter
Agregat Kasar	= 1102,96 : 2,78	= 396,74	liter
Air	= 180,32	= 180,32	liter
Kadar Udara	= 0,002 x 1000,00	= 20,00 liter	+
Sub Total		= 747,71	liter

Maka kebutuhan volume pasir per m³ beton = $1000 - 747,71 = 252,29$ liter. Dikonveksi menjadi berat pasir kering oven = $0,252 \times 2,58 \times 1000 = 650,91$ kg. Proporsi campuran dasar (berat kering) :

Air	= 180,32	kg
Semen Portland	= 474,52	kg
Agregat Kasar	= 1102,96	kg (kering oven)
Pasir	= 650,91	kg (kering oven)

8. Proporsi Varian Campuran dengan Abu Terbang dan Serbuk CaCO₃

1. Abu terbang yang digunakan sesuai dengan Pd M-09-1997-03 yang terkait, termasuk kelas C dengan berat jenis relatif 2,64.
2. Presentase penggantian kadar semen portland sebagian dengan abu terbang kelas C yang disarankan adalah 20 ~ 35%. Karena itu dibuat 3 varian campuran coba dengan kadar abu terbang 25%, 30% dan 35% dari kadar semen portland pada campuran dasar.
3. Presentase penggantian kadar semen portland sebagian dengan Serbuk CaCO₃ dengan berat jenis relatif 2,7 yang disarankan dan efektif digunakan sebagai *accelerator* berdasarkan penelitian dan jurnal ilmiah adalah sebesar 10 %.
4. Bahan bersifat semen untuk keempat macam varian campuran:
 - Campuran 1 : 308,4 kg p.c+118,6 kg *fly ash*+47,5 kg CaCO₃=474,5 kg
 - Campuran 2 : 284,7 kg p.c+142,3 kg *fly ash*+47,5 kg CaCO₃=474,5 kg
 - Campuran 3 : 260,9 kg p.c+166,1 kg *fly ash*+47,5 kg CaCO₃=474,5 kg
 Volume bahan bersifat semen untuk ketiga macam varian campuran:

Campuran 1 : 97,90 l p.c + 44,92 l abu terbang+17,6 l CaCO₃= 160,4 l

Campuran 2 : 90,38 l p.c + 53,90 l abu terbang+17,6 l CaCO₃= 161,9 l

Campuran 3 : 82,82 l p.c + 62,91 l abu terbang+17,6 l CaCO₃= 163,3 l

5. Untuk semua varian campuran per m³, volume air, agregat kasar, dan udara, tetap sama dengan campuran dasar. Yang berubah adalah volume total bahan bersifat semen. Karena itu, volume pasir untuk campuran 1 sampai dengan 3 perlu dikoreksi.

Untuk Campuran 1

Air	= 180,32	liter	
Bahan Semen	= 160,4	liter	
Agregat Kasar	= 396,74	liter	
Kadar Udara	= 20	liter	+

Sub Total = 757,46 liter

Maka kebutuhan volume pasir per m³ beton = 1000 - 757,46 = 242,54 liter. Berat pasir kering oven = 0,2425 x 2,58 x 1000 = 625,65 kg.

Dengan cara yang sama, ditentukan proporsi campuran 2 dan 3 (dalam berat). Maka:

Proporsi Campuran 1 (berat kering):

Air	= 180,32	kg
Semen Portland	= 308,39	kg
Abu Terbang	= 118,59	kg
Serbuk CaCO ₃	= 47,52	kg
Agregat Kasar	= 1012,96	kg (kering oven)
Pasir	= 625,65	kg (kering oven)

Varian campuran 1,2 dan 3 dihitung dengan cara yang sama.

Tabel 3. Proporsi Per m³ Campuran (Berat Kering) (Analisis, 2019)

Tipe Campuran	Camp Dasar	Campuran 1	Campuran 2	Campuran 3
Air (kg)	180,32	180,32	180,32	180,32
Semen Portland (kg)	474,52	308,4	284,7	260,9
Abu Terbang (Kg)	-	118,6	142,3	166,1
Serbuk CaCO ₃ (kg)	-	47,5	47,5	47,5
Agregat Kasar (kg)	1102,96	1102,96	1102,96	1102,96
Pasir (kg)	650,91	625,65	621,88	618,27

9. Campuran coba

Dibuat empat macam campuran sesuai proporsi campuran dasar. Pada saat perencanaan campuran kadar air pasir 6,3% dan kadar air agregat kasar 0,6%, diukur terhadap berat kering oven.

Untuk Campuran Dasar:

Agregat Kasar (basah) = 1102,96 x (1+0,006) = 1109,58 kg

Pasir (basah) = 650,91 x (1+0,063) = 691,92 kg

Air = 180,32 - [1102,96 x 0,006] - [650,91 x 0,063] = 132,69 kg

Proporsi Campuran Dasar:

Air	= 132,69	kg
Semen Portland	= 474,52	kg
Agregat Kasar	= 1109,58	kg (Kadar Air 0,6%)
Pasir	= 691,92	kg (Kadar Air 6,3%)

Dengan cara yang sama, proporsi varian campuran 1, 2 dan 3 dikoreksi. Maka;

Tabel 4. Proporsi Per m³ Campuran (Sesuai Kondisi Kebasahan Agregat) (Analisis, 2019)

Tipe Campuran	Camp Dasar	Camp 1	Camp 2	Camp 3
Air (kg)	132,69	134,29	134,52	134,75
Semen Portland (kg)	474,52	308,4	284,7	260,9
Abu Terbang (Kg)	-	118,6	142,3	166,1
Serbuk CaCO ₃ (kg)	-	47,5	47,5	47,5
Agregat Kasar (kg)	1109,58	1109,58	1109,58	1109,58
Pasir (kg)	691,92	665,07	661,06	657,22

Tabel 5. Proporsi untuk Campuran 4 Benda Uji Silinder (0,0212 m³) (Analisis, 2019)

Tipe Campuran	Camp Dasar	Camp 1	Camp 2	Camp 3
Air (kg)	2,81	2,84	2,85	2,86
Semen Portland (kg)	10,06	6,54	6,04	5,53
Abu Terbang (Kg)	-	2,51	3,02	3,52
Serbuk CaCO ₃ (kg)	-	1,01	1,01	1,01
Agregat Kasar (kg)	23,52	23,52	23,52	23,52
Pasir (kg)	14,67	14,10	14,01	13,93

10. Penyesuaian proporsi campuran coba

Untuk setiap campuran coba, proporsi jika perlu masih harus dikoreksi lagi untuk mendapatkan slump dan kelecakan yang direncanakan, baik sebelum maupun sesudah penambahan *superplasticizer*.

Penyesuaian proporsi campuran coba harus disesuaikan dan dijaga konstan pada nilai $W/(c+p) = 0,38$. Hal ini akan berpengaruh pada besarnya proporsi kadar total semen portland, pasir, dan air sehingga perlu adanya perhitungan koreksi. Selain itu, perlu diperhatikan juga nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari berdasarkan proporsi campuran coba setelah dikoreksi dengan nilai f_{cr} minimal atau lebih besar dari 66,289 Mpa. Penambahan *superplasticizer* (Sikament NN) dengan berat jenis 1,20 yang dianjurkan oleh pabrik pembuatnya (PT. Sika Indonesia) adalah sebesar 0,5 - 2,5% dari berat bahan semen. Berdasarkan efisiensi biaya dan nilai slump rencana (225 mm), penulis menggunakan kadar *superplasticizer* sebesar 1,5% dari berat total bahan semen. Dengan nilai yang kecil tersebut, pengaruhnya terhadap $W/(c+p)$ dapat diabaikan.

11. Penentuan proporsi campuran yang optimum

Campuran dasar serta varian campuran 1, 2 dan 3 dianggap memenuhi syarat kelecakan dan kekuatan. Akan tetapi, campuran 1 dan 2 tidak memenuhi persyaratan dan ketentuan awal karena semen portland yang digunakan melebihi batas penggunaan semen portland yaitu 300 kg/m³. Sehingga penulis menggunakan varian campuran 2 sebagai proporsi campuran yang optimum untuk *mixing* beton.

Tabel 6 Proporsi Campuran yang Optimum untuk 4 Benda Uji (0,0212 m³) (Analisis, 2019)

Air	Semen	Fly Ash	Serbuk CaCO ₃	Superplasticizer	Pasir	Kerikil
2,85l	6,04 kg	3,02 kg	1,01 kg	0,15 kg (0,12 liter)	14,01 kg	23,52 kg

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan substitusi semen sebesar 40% oleh bahan tambah (10% CaCO_3 dan 30% *fly ash*) dengan bantuan superplasticizer (Sikamen NN) sebesar 1,5% menghasilkan nilai kuat tekan rencana sebagai berikut :

Tabel 11. Rencana Hasil Kuat Tekan

No.	Umur (Hari)	Faktor Konversi	Nilai Kuat Tekan (Mpa)
1	1	0,231	15,31
2	7	0,651	43,15
3	14	0,879	58,27
4	21	0,951	63,04
5	28	1	66,29

Tabel 12. Hasil Kuat Tekan Umur 1 Hari (Analisis, 2019)

Benda Uji	Umur (Hari)	Nilai Kuat Tekan (Mpa)
1	1	19,53
2	1	21,50
3	1	14,15
4	1	13,58
Rata -rata		17,19

4. KESIMPULAN

Dengan substitusi semen sebesar 40% oleh bahan tambah berupa 10% CaCO_3 dan 30% *fly ash* dan dengan bantuan superplasticizer (Sikamen NN) sebesar 1,5% menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata pada umur 1 hari dengan 4 benda uji silinder sebesar 17,19 Mpa. Nilai tersebut lebih besar 12,3% dari nilai kuat tekan umur 1 hari rencana yaitu 15,31 Mpa. Hal ini menunjukkan bahwa substitusi semen dengan bahan tambah di atas pada proporsi tertentu berpengaruh terhadap nilai kuat tekan awal beton.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada: (1) Ari Sentani, S.T., M.Sc.; (2) Muhammad Rusli Ahyar, S.T., M.Eng.; (3) PT. Varia Usaha Beton.

6. REFERENSI

- Ariyani, N dan Laia, P. (2013). Pengaruh Pemakaian Fly Ash Dan Superplasticizer Pada Kuat Tekan Beton. Majalah Ilmiah UKRIM Edisi 2/th XVIII/2013
- J. Camiletti, A.M. Soliman and M.L. Nehdi. (2010). Performance of nano-limestone as a cement hydration accelerator. Manitoba, Canada: 2nd International Structures Specialty Conference.
- Wardhono, A., Law, D. W., & Molyneaux, T. C. (2012). Strength of alkali activated slag and fly ash-based geopolymer mortar. Proceedings of Microstructural-related Durability of Cementitious Composites, Microdurability.