

ANALISA CAMPURAN BETON DENGAN PERBANDINGAN VOLUME DAN PENGAMATAN KARAKTERISTIK BETON MUTU SEDANG

Luthfia Rahmadianty, Hanina Mazaya, Djoko Purwanto^{*)}, Rudi Yuniarto Adi.^{*)}

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, SH., Tembalang, Semarang. 50239,
Telp.: (024) 7474770, Fax.: (024) 7460060

ABSTRAK

Permasalahan yang umum terjadi pada proyek berskala sedang adalah bagaimana merencanakan komposisi campuran beton agar dapat memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan dalam usaha pemenuhan kebutuhan beton dalam volume kecil dengan membuat sendiri campurannya di lokasi pekerjaan (*site mix*). Pembuatan *site mix* dilakukan karena banyaknya waktu yang dibuang untuk menunggu hasil *mix design* dari laboratorium beton dirasa tidak efisien karena suatu proyek memiliki batas waktu pengerjaan. Penelitian ini dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan *output* berupa rekomendasi komposisi campuran beton dengan menggunakan perbandingan volume berikut dengan nilai FAS yang dianjurkan untuk menghasilkan beton mutu sedang dengan *range* mutu beton K250 hingga K300. Penelitian ini menggunakan 9 variasi campuran beton, yaitu dengan perbandingan 1:2:3 dengan FAS 0,5; 0,6; dan 0,7, 1:2:2,5 dengan FAS 0,4; 0,5; dan 0,6, serta 1:1,5:2,5 dengan FAS 0,4; 0,5; dan 0,6, dengan material penyusun beton semen portland Tiga Roda, pasir Muntilan, dan split Gringsing. Benda uji berupa kubus 150 mm x 150 mm x 150 mm. Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan hasil komposisi campuran beton yang direkomendasikan untuk menghasilkan beton mutu sedang dengan *range* K250 hingga K300, untuk material agregat dicuci adalah dengan perbandingan 1:1,5:2,5 dengan FAS antara 0,47 hingga 0,43 dan 1:2:2,5 dengan FAS antara 0,45 hingga 0,41. Sedangkan untuk material agregat tidak dicuci direkomendasikan menggunakan perbandingan 1:1,5:2,5 dengan FAS antara 0,46 hingga 0,4 dan 1:2:2,5 dengan FAS 0,44. Sedangkan Untuk perbandingan 1:2:3 hanya menghasilkan beton mutu kurang dari K200. Perbandingan campuran yang paling ekonomis yang direkomendasikan untuk menghasilkan beton K250-K300 adalah dengan perbandingan 1:2:2,5 dengan FAS antara 0,45 hingga 0,41 dengan agregat memenuhi persyaratan kadar lumpur.

Kata kunci: Site Mix, Beton Mutu Sedang, Perbandingan Volume

ABSTRACT

A common problem in the medium-scale projects is how to plan the composition of the concrete mix in order to meet predetermined specifications in a concrete business needs in a small volume to make your own mixture at a job site (site mix). Making the site mix because of the many times removed to await the outcome of the laboratory mix design is considered inefficient because a project has deadlines. This study was done to overcome these problems with the output in the form of recommendations mix concrete composition using the following

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

concrete with concrete quality range K250 to K300. This study uses nine variations of the concrete mix, ie the ratio of 1:2:3 with water cement ratio 0,5; 0,6; and 0,7, 1:2:2,5 with water cement ratio 0,4; 0,5; and 0,6 and 1:1,5:2,5 with water cement ratio 0,4; 0,5; and 0,6, with portland cement concrete constituent material three wheels, muntilan sand, and split gringsing. The test object in the form of a cube of 150 mm x 150 mm x 150 mm. From research conducted, showed the composition of the concrete mix recommended to produce medium quality concrete which is range K250 to K300, for aggregate washed is the ratio of 1:1,5:2,5 with water cement ratio between 0,43 to 0,47 and 1:2:2,5 with water cement ratio between 0,41 to 0,45. While for aggregate that unwashed is the ratio of 1:1,5:2,5 with water cement ratio between 0,4 to 0,46 for a material with high silt levels, 1:2:2,5 with water cement ratio between 0,41 to 0,45 and 1:2:2,5 with water cement ratio 0,44. Whereas for a ratip of 1:2:3 only produced quality concrete is less than K200. The most economical concrete mix ratio recommended to produce quality concrete between K250 up to K300 is 1:2;2,5 with water cement ratio between 0,45 to 0,41 with aggregate that appropriate requirements of sludge levels.

Keywords: *Site Mix, Concrete Medium Quality, The Volume Ratio*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kebutuhan beton dalam suatu proyek tidak hanya dalam volume yang besar, namun juga dalam volume yang kecil. Dalam volume yang besar, pemenuhan kebutuhan beton dalam suatu proyek dapat dilakukan dengan pemesanan ke *supplier* beton dalam bentuk beton *readymix*. Pengiriman beton dari *batching plant* ke proyek dilakukan dengan menggunakan *mixer truck* dengan kapasitas 5 atau 8 m³. Dengan kata lain, pemesanan beton ke *supplier* akan efisien apabila kebutuhan beton mencapai 5 atau 8 m³ ataupun kelipatannya.

Pemenuhan kebutuhan beton dalam volume kecil biasanya dilakukan dengan membuat sendiri campurannya. Namun, masalah yang dihadapi ketika hendak membuat campuran beton adalah bagaimana merencanakan komposisi campuran beton agar dapat memenuhi spesifikasi teknik sesuai dengan ketentuan atau permintaan. Oleh karena itu, proyek dengan kebutuhan volume beton yang kecil dan dengan spesifikasi tertentu biasanya memesan *mix design* ke laboratorium beton yang ditunjuk direksi agar mendapatkan hasil campuran yang sesuai dengan spesifikasi.

Banyaknya waktu yang dibuang untuk menunggu hasil *mix design* dirasa tidak efisien karena suatu proyek memiliki batas waktu pengerjaan. Penelitian ini dibuat dengan maksud dapat membantu menghasilkan komposisi campuran beton mutu sedang yang dapat dijadikan acuan bagi proyek yang membutuhkan beton dalam volume yang tidak terlalu besar dan dapat dibuat di lokasi pekerjaan (*site mix*) dengan spesifikasi tertentu.

Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Material penyusun yang digunakan dalam penelitian ini berupa:
 - a. Agregat halus yang digunakan adalah pasir Muntilan.
 - b. *Portland cement* yang digunakan adalah Semen Tiga Roda.

- c. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah ukuran $\frac{1}{2}$ dari Gringsing, Batang.
- d. Air yang digunakan merupakan air kerja yang berada di laboratorium.
2. Benda uji yang digunakan adalah kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm.
3. Perencanaan campuran beton dilakukan dengan perbandingan volume.
4. Pengujian beton yang digunakan adalah pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk benda uji yang menggunakan material yang telah dicuci dan pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari untuk benda uji yang menggunakan material yang tidak dicuci.
5. Mutu benda uji yang digunakan adalah beton mutu sedang, yakni berkisar antara K250 sampai dengan K300.
6. Benda uji dibuat tanpa menggunakan bahan *additive* apapun.
7. Perbandingan material yang akan digunakan adalah:
Portland Cement : Pasir : Agregat
 - a. 1 : 1,5 : 2,5
 - b. 1 : 2 : 2,5
 - c. 1 : 2 : 3Dengan masing-masing formula dibuat dengan faktor air semen yang diambil antara nilai yang didapatkan dari grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen untuk Benda Uji Kubus (150 x 150 x 150 mm) dan tabel Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan Khusus pada SNI 03-2843-2000.
8. Penelitian ini menggunakan 4 buah benda uji untuk masing-masing campuran untuk campuran dengan material agregat dicuci, dan 3 buah benda uji untuk masing-masing campuran dengan material agregat tidak dicuci. Sehingga jumlah benda uji yang digunakan untuk pengujian adalah 48 buah.

TINJAUAN PUSTAKA

Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik (Tjokrodimulyo, 1995).

Menurut Murdock *et al* (1986), selain bergantung pada perbandingan air-semen dan tingkat pematatannya, kuat tekan beton dapat dipengaruhi oleh faktor penting lainnya, yaitu diantaranya:

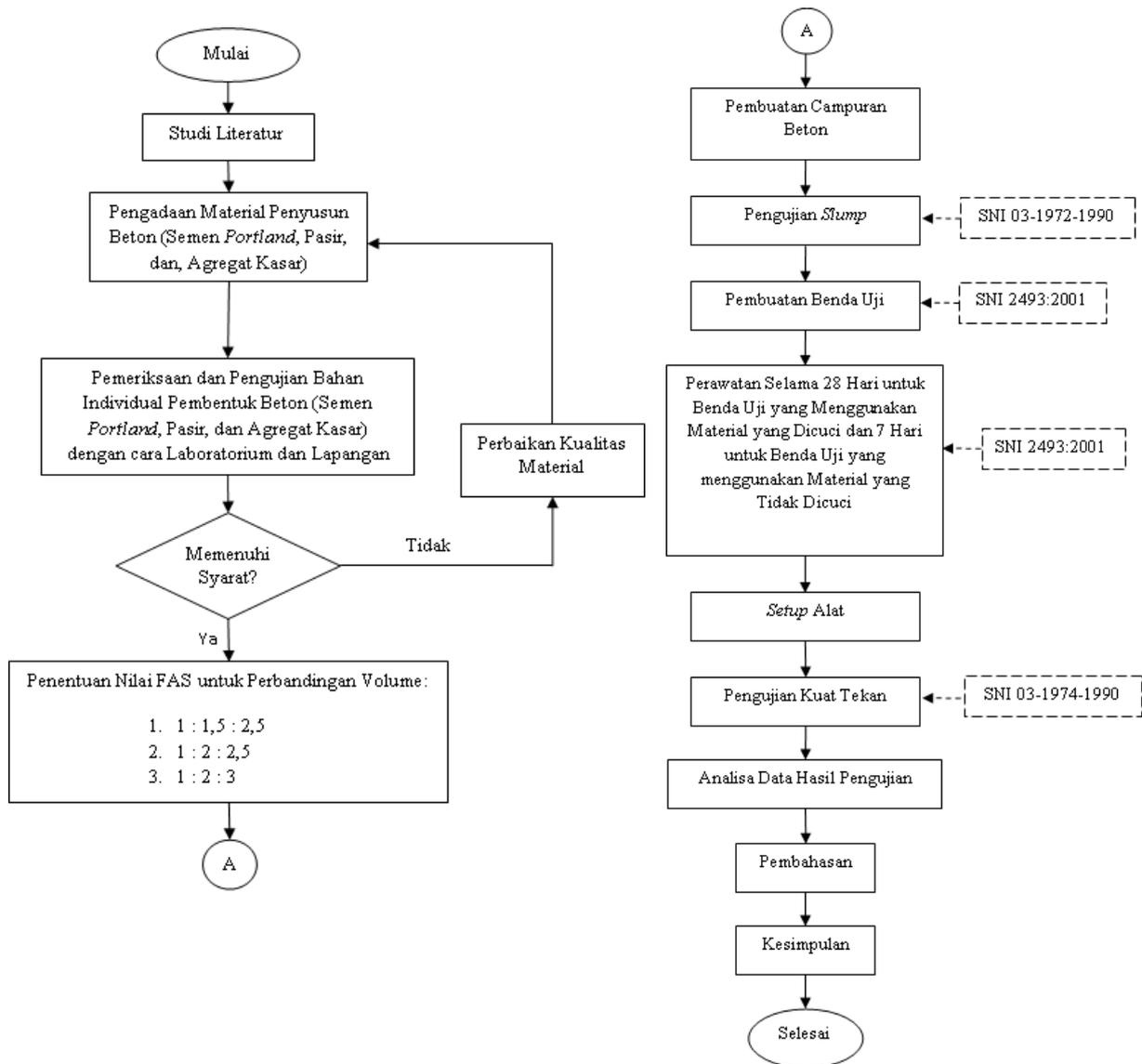
1. Jenis dan kualitas semen yang digunakan.
Setiap jenis semen memiliki karakteristik tersendiri termasuk dengan kualitasnya. Jenis dan kualitas semen yang digunakan mempengaruhi kuat rata-rata dan kuat-batas beton.
2. Jenis dan lekak-lekuk agregat.
Agregat dengan permukaan yang halus tidak dapat menghasilkan beton yang sedemikian kuat, seperti pemakaian agregat dengan permukaan yang kasar dengan permukaan yang keras dan sudut partikel yang tajam.
3. Efisiensi perawatan beton (*curing*).
Beton dapat mengalami kehilangan kekuatan sebesar 40% apabila terjadi pengeringan sebelum waktunya.
4. Suhu.
Pada umumnya kecepatan pengerasan beton akan bertambah seiring bertambahnya suhu.

5. Umur beton.

Pada keadaan normal kekuatan beton bertambah seiring dengan bertambahnya umur beton tersebut. Kecepatan bertambahnya kekuatan tergantung pada jenis semen yang digunakan. Untuk beton dengan menggunakan Semen Portland biasa, kekuatan maksimal akan dicapai pada umur 28 hari.

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penulisan diperlukan adanya suatu metode yang menjelaskan tahapan-tahapan proses dari awal hingga akhir. Metode tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah:



Gambar 1 Tahapan Penelitian

Pengujian kuat tekan beton dilakukan terhadap 48 benda uji dengan menggunakan *Compression Aparatus Test Machine* yang ada di Laboratorium Teknologi Bahan dan Konstruksi di Teknik Sipil Universitas Diponegoro.

PENYAJIAN DAN ANALISA DATA

Hasil Pengujian Semen

Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian berat jenis semen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai berat jenis semen rata-rata yaitu 3,145 memenuhi syarat SNI 15-2531-1991 yaitu berkisar 3,05-3,25

Hasil Pengujian Agregat Kasar (Split)

Pengujian terhadap agregat kasar meliputi analisa saringan, pengujian kadar air agregat, berat isi, berat jenis, kandungan lumpur, keausan agregat dan pengujian ketahanan agregat terhadap *impact*. Data hasil pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Pengujian Agregat Kasar	Hasil Pengujian	Syarat	Kategori
1.	Analisa Saringan		ASTM C 33-03(6.2)	
	Modulus Kehalusan	7,604	5,0 – 8,0	Memenuhi
2.	Analisa Kadar Air		SNI 03-1737-1989 Pasal 5.1.1	
	Kadar Air Asli	1,07%	<3%	Memenuhi
	Kadar Air SSD	1,30%	<3%	Memenuhi
3.	Analisa Berat Isi		ASTM C-33 Tabel 3	
	Berat Isi Gembur Asli	1,349 kg/dm ³	>1,12 kg/dm ³	Memenuhi
	Berat Isi Padat Asli	1,498 kg/dm ³	>1,12 kg/dm ³	Memenuhi
	Berat Isi Gembur SSD	1,357 kg/dm ³	>1,12 kg/dm ³	Memenuhi
	Berat Isi Padat SSD	1,511 kg/dm ³	>1,12 kg/dm ³	Memenuhi
4.	Analisa Berat Jenis		SNI 03-1737-1989 Pasal 5.1.1	
	Berat Jenis Asli sebelum dicuci	2,193	>2,50	Tidak Memenuhi
	Berat Jenis SSD sebelum dicuci	2,146	>2,50	Tidak Memenuhi
	Berat Jenis Asli sesudah dicuci	2,415	>2,50	Tidak Memenuhi
	Berat Jenis SSD sesudah dicuci	2,375	>2,50	Tidak Memenuhi
5.	Analisa Kandungan Lumpur		PBI 1971 N.I-2 Bab III Pasal 3.4 ayat 3	
	Kandungan Lumpur Agregat sebelum dicuci	3,467%	<1%	Tidak Memenuhi
	Kandungan Lumpur Agregat setelah dicuci	0,867%	<1%	Memenuhi

Lanjutan Tabel 1

No	Pengujian Kasar	Agregat	Hasil Pengujian	Syarat	Kategori
6.	Analisa Agregat Kasar	Keausan		PBI 1971 N.I-2 Bab III Pasal 3.4 ayat 5	
	Nilai Keausan		16,04%	50%	Memenuhi
7.	Analisa Agregat Impact	Ketahanan terhadap		PBI N.I-2	
	Nilai Impact 1		20,489%	<30%	Memenuhi
	Nilai Impact 2		17,336%	<30%	Memenuhi

Sumber: Hasil Pengujian Propertis Agregat Kasar, 2016

Hasil Pengujian Agregat Halus (Pasir)

Pengujian terhadap agregat halus meliputi analisa saringan, kadar air, berat isi, berat jenis, kandungan lumpur dan kotoran organik. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Pengujian Agregat Halus	Hasil Pengujian	Syarat	Kategori
1.	Analisa Saringan		ASTM C 33-03(6.2)	
	Modulus Kehalusan	2,6	2,3 – 3,1	Memenuhi
2.	Analisa Kadar Air		SNI 03-1737-1989 Pasal 5.1.1	
	Kadar Air Asli	9,50%	<3%	Tidak Memenuhi
	Kadar Air SSD	1,80%	<3%	Memenuhi
3.	Analisa Berat Isi		ASTM C-33 Tabel 3	
	Berat Isi Gembur Asli	1,455 kg/dm ³	>1,12 kg/dm ³	Memenuhi
	Berat Isi Padat Asli	1,622 kg/dm ³	>1,12 kg/dm ³	Memenuhi
	Berat Isi Gembur SSD	1,516 kg/dm ³	>1,12 kg/dm ³	Memenuhi
	Berat Isi Padat SSD	1,632 kg/dm ³	>1,12 kg/dm ³	Memenuhi
4.	Analisa Berat Jenis		SNI 03-1737-1989 Pasal 5.1.1	
	Berat Jenis Asli sebelum dicuci	1,912	>2,5	Tidak Memenuhi
	Berat Jenis SSD sebelum dicuci	1,916	>2,5	Tidak Memenuhi
	Berat Jenis Asli setelah dicuci	2,428	>2,5	Tidak Memenuhi
	Berat Jenis SSD setelah dicuci	2,479	>2,5	Tidak Memenuhi

Lanjutan Tabel 2

No	Pengujian Agregat Halus	Hasil Pengujian	Syarat	Kategori
5.	Analisa Kandungan Lumpur		PBI 1971 N.I-2 Pasal 3.3 ayat 3	
	Kandungan Lumpur Agregat sebelum dicuci			
	Sistem Kocokan	10,606%	<5%	Tidak Memenuhi
	Sistem Pencucian	10,5%	<5%	Tidak Memenuhi
	Kandungan Lumpur Agregat setelah dicuci			
	Sistem Kocokan	1,639%	<5%	Memenuhi
	Sistem Pencucian	2,5%	<5%	Memenuhi
6.	Analisa Kotoran Organik		PBI 1971 N.I-2 Pasal 3.3 ayat 4	
	Warna NaOH sebelum Agregat dicuci	Kuning	Jernih-Kuning Tua	Memenuhi
	Warna NaOH setelah Agregat dicuci	Jernih	Jernih-Kuning Tua	Memenuhi

Sumber: Hasil Pengujian Propertis Agregat Halus, 2016

Hasil dan Analisa Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Dalam penelitian ini, *mix design* dilakukan berdasarkan SNI 03-2843-2000 yang mengadopsi dari metode *Departement of Engineering (DoE), Building Research Establishment Britain*. Analisa perencanaan campuran beton dilakukan untuk mencari nilai FAS yang tepat sehingga beton yang dihasilkan nantinya diperkirakan masuk ke dalam kategori beton mutu sedang. Dari hasil analisa didapatkan perbandingan berat tiap material yang kemudian dikonversi menjadi perbandingan volume. Perbandingan komposisi material penyusun beton dari perencanaan campuran beton seperti terlihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Komposisi Material Penyusun Beton

No	Komposisi Campuran			
	Semen	Agregat Halus	Agregat Kasar	Air
1.	1,0	1,5	2,5	0,533
2.	1,0	2,0	2,50	0,546
3.	1,0	2,0	3,0	0,615

Sumber : Hasil Analisa Mix Design Beton, 2016

Dari hasil perencanaan campuran beton tersebut maka dilakukan pendekatan FAS yaitu untuk campuran beton dengan perbandingan 1:1,5:2,5 menggunakan FAS 0,5 ; 0,4 dan 0,6. Untuk campuran beton dengan perbandingan 1:2:2,5 menggunakan FAS 0,5 ; 0,4 dan 0,6. Dan untuk campuran beton dengan perbandingan 1:2:3 menggunakan FAS 0,6 ; 0,5 dan 0,7.

Hasil Slump Test

Slump test dilakukan berdasarkan SNI 03-1972-1990 tentang metode pengujian slump beton. Hasil slump test pada setiap variasi perbandingan campuran beton dengan agregat yang dicuci ditunjukkan pada Tabel 4

Tabel 4 Hasil Slump Test untuk Campuran Beton dengan Agregat yang Dicuci

Komposisi	FAS	Nilai Slump (cm)
1:1,5:2,5	0,4	7
	0,5	15
	0,6	16
1:2:2,5	0,4	12
	0,5	15,5
	0,6	16
1:2:3	0,5	14,5
	0,6	15
	0,7	17,5

Sumber: Hasil Pengujian Slump, 2016

Sedangkan hasil slump test pada setiap variasi perbandingan campuran beton dengan agregat yang tidak dicuci ditunjukkan pada Tabel 5

Tabel 5 Hasil Slump Test untuk Campuran Beton dengan Agregat Tidak Dicuci

Komposisi	FAS	Nilai Slump (cm)
1:1,5:2,5	0,4	5
	0,5	7
1:2:2,5	0,4	6
	0,5	9

Sumber: Hasil Pengujian Slump, 2017

Dari hasil slump test, didapatkan perbedaan nilai slump yang cukup besar antara campuran dengan menggunakan agregat yang dicuci dan agregat yang tidak dicuci, sedangkan variabel lainnya dibuat tetap. Hal ini menunjukkan bahwa kadar lumpur juga mempengaruhi kelecakan dari campuran beton. Nilai slump yang rendah pada campuran beton dengan agregat tidak dicuci mengakibatkan campuran beton tidak *workable*.

Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 28 hari terhadap 36 benda uji kubus dengan ukuran 150 mm x 150 mm x 150 mm untuk benda uji dengan agregat dicuci, dan 7 hari untuk

benda uji dengan agregat tidak dicuci. dengan Hasil pengujian kuat tekan untuk *sample* beton dengan agregat yang dicuci ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Pengujian Kuat Tekan untuk *Sample* Beton dengan Agregat Dicuci

No	Perbandingan Campuran	FAS	Luas Penampang (cm ²)	Tanggal		Berat Benda Uji (gram)	Gaya Tekan (kN)	Kokoh Tekan (kg/cm ²)
				Cor	Uji			
1.	1:2:3	0,7	225	6/12/2016	5/1/2017	7940	320	142,222
2.						7770	320	142,222
3.						8030	310	137,778
4.						8010	310	137,778
						Kuat Tekan Rata-Rata =	140	
5.	1:2:3	0,6	225	5/12/2017	5/1/2017	7880	330	146,667
6.						7980	330	146,667
7.						7890	330	146,667
8.						7870	330	146,667
						Kuat Tekan Rata-Rata =	146,667	
9.	1:2:3	0,5	225	6/12/2016	5/1/2017	7910	400	177,778
10.						8010	420	186,667
11.						7970	410	182,222
12.						7840	420	186,667
						Kuat Tekan Rata-Rata =	183,334	
13.	1:2:2,5	0,6	225	20/12/2016	18/1/2017	7950	340	151,111
14.						7790	340	151,111
15.						8060	330	146,667
16.						8010	330	146,667
						Kuat Tekan Rata-Rata =	148,889	
17.	1:2:2,5	0,5	225	19/12/2016	16/1/2017	7930	480	213,333
18.						7750	470	208,889
19.						7900	470	208,889
20.						7980	470	208,889
						Kuat Tekan Rata-Rata =	210	
21.	1:2:2,5	0,4	225	20/12/2016	18/1/2017	7930	690	306,667
22.						7840	690	306,667
23.						8120	690	306,667
24.						8300	690	306,667
						Kuat Tekan Rata-Rata =	306,667	
25.	1:1,5:2,5	0,6	225	19/12/2016	16/1/2017	7750	350	155,556
26.						7890	350	155,556
27.						7890	350	155,556
28.						8010	360	160
						Kuat Tekan Rata-Rata =	156,667	
29.	1:1,5:2,5	0,5	225	16/12/2016	12/1/2017	7970	540	240
30.						8060	530	235,556
31.						7820	530	235,556
32.						7830	530	235,556
						Kuat Tekan Rata-Rata =	236,667	
33.	1:1,5:2,5	0,4	225	16/12/2016	12/1/2017	7860	710	315,556
34.						8000	710	315,556
35.						8100	720	320
36.						8280	710	315,556
						Kuat Tekan Rata-Rata =	316,667	

Sumber : Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton, 2017

Sedangkan untuk hasil pengujian tekan untuk *sample* beton dengan agregat tidak dicuci ditunjukkan pada Tabel 7

Tabel 7 Hasil Pengujian Kuat Tekan untuk *Sample* Beton dengan Agregat Tidak Dicuci

No	Perbandingan Campuran	FAS	Luas Penampang (cm ²)	Tanggal		Berat Benda Uji (gram)	Gaya Tekan (kN)	Kokoh Tekan 7 Hari (kg/cm ²)
				Cor	Uji			
1.						7860	290	128,889
2.	1:2:2,5	0,5	225	18/1/2017	25/1/2017	7860	280	124,444
3.						7860	290	128,889
Kuat Tekan Rata-Rata =								127,407
4.						7930	420	186,667
5.	1:2:2,5	0,4	225	18/1/2017	25/1/2017	7810	430	191,111
6.						7780	430	191,111
Kuat Tekan Rata-Rata =								189,629
7.						7650	320	142,222
8.	1:1,5:2,5	0,5	225	24/12/2016	31/1/2017	7650	320	142,222
9.						7750	320	142,222
Kuat Tekan Rata-Rata =								142,222
10.						7900	440	195,556
11.	1:1,5:2,5	0,4	225	23/12/2016	30/1/2017	7850	450	200
12.						7910	450	200
Kuat Tekan Rata-Rata =								198,519

Sumber : Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton, 2017

Pada Tabel 7 nilai kokoh tekan yang tertera adalah nilai kokoh tekan untuk beton berumur 7 hari. Berdasarkan PBI 1971 N.I-2, kekuatan tekan beton untuk beton dengan semen portland biasa yang berumur 7 hari adalah 65% dari kuat tekan beton berumur 28 hari. Untuk itu nilai kokoh tekan beton berumur 7 hari perlu dikonversi untuk mengetahui nilai kokoh tekan beton berumur 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 8 berikut ini

Tabel 8 Konversi Kokoh Tekan Beton untuk *Sample* Beton dengan Agregat Tidak Dicuci

No	Perbandingan Campuran	FAS	Kokoh Tekan 7 Hari (kg/cm ²)	Kokoh tekan 28 Hari (kg/cm ²)
1.			128,889	198,291
2.	1:2:2,5	0,5	124,444	191,453
3.			128,889	198,291
Rata-rata			127,407	196,011
4.			186,667	287,179
5.	1:2:2,5	0,4	191,111	294,017
6.			191,111	294,017
Rata-rata			189,629	291,738

Lanjutan Tabel 8

No	Perbandingan Campuran	FAS	Kokoh Tekan 7 Hari (kg/cm ²)	Kokoh tekan 28 Hari (kg/cm ²)
7.			142,222	218,803
8.	1:1,5:2,5	0,5	142,222	218,803
9.			142,222	218,803
	Rata-rata		142,222	218,803
10.			195,556	300,855
11.	1:1,5:2,5	0,4	200	307,692
12.			200	307,692
	Rata-rata		198,519	305,413

Sumber : Hasil Konversi Nilai Kuat Tekan Beton, 2017

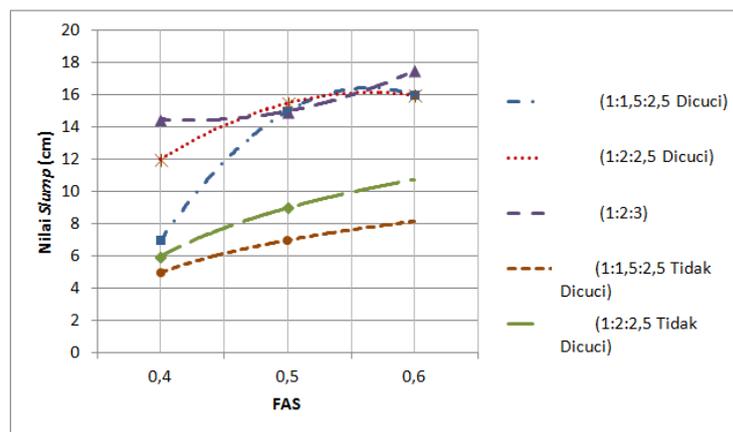
PEMBAHASAN

Tinjauan Terhadap Kualitas Material

Perbaikan kualitas pasir dan agregat kasar dengan kadar lumpur yang tinggi dan berat jenis yang tidak memenuhi syarat dilakukan dengan mencuci pasir dan agregat kasar tersebut. Proses pencucian pasir dan agregat kasar dilakukan dengan menggunakan mesin molen atau *mixer* beton. Selama proses pencucian, air diganti secara berkala hingga air mulai terlihat jernih.

Tinjauan Terhadap Nilai Slump

Berikut ini adalah perbandingan nilai slump pada campuran dengan material yang telah dicuci dan tidak dicuci (menggandung kadar lumpur yang rendah dan tinggi), seperti dapat dilihat pada Gambar 2:



Gambar 2 Nilai Slump Seluruh Campuran

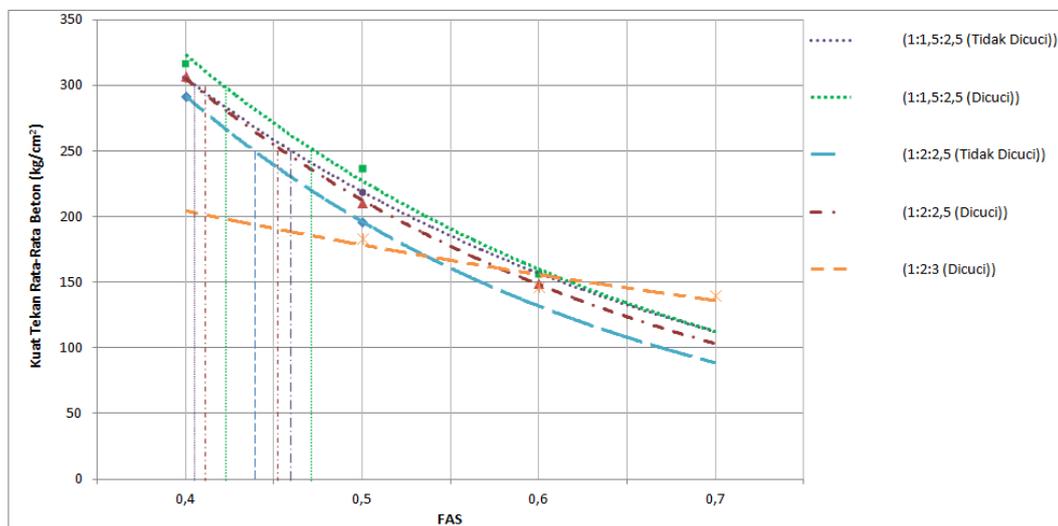
Berdasarkan gambar di atas, nilai *slump* campuran yang menggunakan material dengan kadar lumpur yang tinggi akan menghasilkan nilai *slump* yang lebih rendah dibandingkan dengan campuran yang menggunakan material dengan kadar lumpur yang rendah. Lumpur merupakan material yang banyak menyerap air. Hal tersebut menyebabkan campuran

semakin tidak *workable* karena kelecakan campuran semakin rendah, sehingga akan membuat campuran semakin sulit dikerjakan dan dipadatkan.

Beton dengan nilai *slump* yang kecil harus dipadatkan menggunakan alat getar agar mencapai kuat tekan yang tinggi. Pemadatan beton dengan menggunakan alat getar dapat meminimalisir terbentuknya pori. Pori yang terdapat pada beton dapat mereduksi nilai kuat tekan beton sehingga pemadatan harus dilakukan dengan maksimal untuk mencegah terbentuknya pori pada beton.

Perbandingan Kuat Tekan Terhadap Hasil Keseluruhan

Membandingkan hasil kuat tekan perlu dilakukan untuk mengetahui campuran mana yang paling mungkin menyediakan kuat tekan seperti yang diinginkan. Oleh karena itu, perbandingan ini dibuat untuk memudahkan pemilihan formula yang sesuai dengan kebutuhan. Berikut ini adalah nilai kuat tekan yang didapatkan dari seluruh perbandingan campuran dengan masing-masing FAS yang telah ditetapkan baik dengan material yang telah dicuci maupun yang tidak dicuci, seperti terlihat pada Gambar 3 berikut ini:



Gambar 3 Kuat Tekan Rata-Rata Seluruh Perbandingan Campuran

Berdasarkan Gambar 5.12, untuk mendapatkan beton dengan kuat tekan antara 250-300 kg/cm², maka dapat menggunakan perbandingan 1:1,5:2,5 dengan FAS antara 0,47 sampai dengan 0,43 dengan menggunakan material yang mengandung kadar lumpur yang rendah (material agregat dicuci), sedangkan dengan perbandingan yang sama tetapi dengan menggunakan material yang mengandung kadar lumpur yang tinggi (material agregat tidak dicuci) dapat dicapai menggunakan FAS antara 0,46 sampai dengan 0,4.

Apabila ingin menggunakan campuran yang lebih ekonomis, tetapi mampu menghasilkan beton K250-K300, maka dapat menggunakan perbandingan 1:2:2,5 dengan FAS antara 0,45 sampai dengan 0,41 tetapi harus menggunakan material dengan kadar lumpur yang memenuhi persyaratan, karena perbandingan tersebut membutuhkan semen yang lebih sedikit dari perbandingan 1:1,5:2,5.

Selain perbandingan-perbandingan yang memenuhi tujuan penelitian ini, ada pula perbandingan yang tidak mencapai kuat tekan yang menjadi sasaran, yaitu perbandingan 1:2:3, meskipun sudah menggunakan material yang telah dicuci.

Perbedaan kandungan lumpur sangat mempengaruhi nilai kuat tekan yang dihasilkan. Hal ini dibuktikan dengan perbandingan 1:1,5:2,5 dengan FAS 0,44 menggunakan material yang memiliki kadar lumpur yang tinggi dapat mencapai kekuatan 250kg/cm^2 , namun tidak dapat mencapai kuat tekan 300kg/cm^2 padahal dengan perbandingan dan FAS yang sama namun menggunakan material agregat yang telah dicuci mampu mencapai kuat tekan 300kg/cm^2 .

Banyaknya kandungan lumpur pada agregat kasar dan pasir dapat mengurangi daya lekat antara agregat dengan pasta semen, sehingga mengakibatkan menurunnya kuat tekan beton. Hal tersebut mengakibatkan penggunaan perbandingan campuran yang sama dengan kadar lumpur yang berbeda dapat memiliki kuat tekan yang berbeda pula.

Kuat tekan beton dengan perbandingan campuran 1:2:2,5 dengan FAS 0,4 menggunakan material yang tidak dicuci memiliki kuat tekan 4,878% lebih kecil dari pada beton yang menggunakan material yang telah dicuci, sedangkan kuat tekan beton dengan perbandingan campuran 1:2:2,5 dengan FAS 0,5 menggunakan material yang tidak dicuci memiliki kuat tekan 6,661% lebih kecil dari pada beton yang menggunakan material yang telah dicuci.

Pada beton dengan perbandingan campuran 1:1,5:2,5 dengan FAS 0,4 dan 0,5 menggunakan material yang tidak dicuci masing-masing memiliki kuat tekan 3,554% dan 7,546% lebih kecil dari pada beton yang dibuat dengan menggunakan material yang telah dicuci.

Berdasarkan persentase penurunan kuat tekan yang terjadi pada masing-masing perbandingan campuran, maka dapat disimpulkan bahwa beton dengan material penyusun agregat yang memiliki kadar lumpur yang tinggi (tidak memenuhi spesifikasi) memiliki penurunan rata-rata terhadap kuat tekan beton yang menggunakan material yang memiliki kadar lumpur yang tinggi (memenuhi spesifikasi) sebesar 5,660%.

Untuk mencapai mutu beton K250-K300 dengan campuran 1:1,5:2,5 dan 1:2:2,5 umumnya diperlukan FAS lebih kecil dari 0,5 yakni antara 0,47 sampai dengan 0,43 dengan menggunakan material yang memenuhi persyaratan kadar lumpur. Disisi lain, dengan kecilnya nilai FAS ($\pm 0,45$) akan menyulitkan pekerjaan beton dan pematatannya cenderung membutuhkan bantuan alat pematat getar seperti *concrete vibrator*.

Dengan fakta kualitas pelaksanaan pekerjaan beton secara *site mix* dengan volume terbatas, sering kali kurang dapat memenuhi standar, maka mutu beton yang bisa digunakan dalam spesifikasi adalah sekitar K250. Sedangkan, untuk beton dengan mutu K300 relatif sulit dicapai bila dikerjakan secara *site mix*.

Apabila beton diketahui dengan mutu K300 atau K250 tetapi kebutuhannya dalam volume cukup besar, maka sebaiknya dibuat sebagai beton siap pakai (*ready mix*) yang diproduksi di *batching plant* dimana proses pembuatannya lebih terkontrol.

Dengan mempertimbangkan kemudahan pelaksanaan *site mix*, maka menggunakan FAS 0,5 akan lebih sederhana. Namun berdasarkan penelitian ini, dengan FAS 0,5 material agregat dicuci dan perbandingan campuran 1:1,5:2,5 hanya menghasilkan beton dengan mutu K225. bila perbandingan campuran menjadi 1:1,5:2 kemungkinan mutu beton K250 bisa dicapai dan tentu saja hal ini perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu untuk pembuktian.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, serta analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Beton dengan kuat tekan antara 250-300 kg/cm² dapat dicapai dengan menggunakan formula berikut:
 - a. Perbandingan 1:1,5:2,5 dengan FAS antara 0,47 sampai dengan 0,43 dengan menggunakan material agregat yang memenuhi syarat kadar lumpur.
 - b. Perbandingan 1:1,5:2,5 dengan FAS antara 0,46 sampai dengan 0,4 dengan menggunakan material agregat yang tidak memenuhi syarat kadar lumpur.
 - c. Perbandingan 1:2:2,5 dengan FAS antara 0,45 sampai dengan 0,41 dengan menggunakan material agregat yang memenuhi syarat kadar lumpur.
 - d. Perbandingan 1:2:2,5 dengan FAS 0,44 dengan menggunakan material agregat yang tidak memenuhi syarat kadar lumpur.
2. Perbandingan 1:2:3 dengan FAS 0,5, 0,6 dan 0,7 dengan menggunakan material agregat yang memenuhi syarat kadar lumpur (dicuci) tidak dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan antara 250-300 kg/cm².
3. Campuran yang ekonomis untuk mencapai mutu K250-K300 adalah perbandingan campuran 1:2:2,5 dengan FAS 0,45 sampai dengan 0,41 dengan syarat menggunakan material agregat yang memenuhi persyaratan kadar lumpur.
4. Dalam pembuatan campuran beton, material agregat harus memenuhi syarat yang telah ditentukan.
5. Kadar lumpur yang tinggi dalam agregat akan sangat menurunkan mutu beton hingga 5,660% bila dibandingkan dengan beton yang menggunakan material agregat dengan kadar lumpur yang memenuhi syarat.
6. Semakin kecil nilai *slump* pada campuran beton, maka semakin sulit proses pematatannya apabila dilakukan tanpa alat getar.

SARAN

1. Untuk mendapatkan kuat tekan antara 250-300 kg/cm², direkomendasikan menggunakan perbandingan campuran 1:2:2,5 dengan FAS 0,45 sampai dengan 0,41 dengan syarat menggunakan material agregat yang memenuhi persyaratan kadar lumpur, karena campuran tersebut menggunakan semen yang lebih sedikit, sehingga lebih ekonomis.
2. Untuk kemudahan pelaksanaan di lapangan, formula yang dapat digunakan untuk mendapatkan beton dengan kuat tekan 225 kg/cm² adalah perbandingan 1:1,5:2,5 dengan jumlah air yang digunakan adalah setengah dari jumlah semen serta menggunakan agregat yang memenuhi syarat kadar lumpur.
3. Perlu dilakukan pengujian material penyusun beton (terutama agregat) sebelum tahap pembuatan campuran dilaksanakan, agar material yang akan digunakan memenuhi seluruh persyaratan yang telah ditentukan.
4. Perlu dilakukan pengawasan terhadap kualitas material penyusun beton terutama agregat dan pasir, karena kandungan lumpur pada material tersebut dapat menurunkan mutu beton.
5. Apabila material yang akan digunakan memiliki kadar lumpur yang tinggi, sebaiknya dilakukan pencucian atau penyemprotan untuk mengurangi kadar lumpur pada material tersebut.
6. Apabila ingin membuat campuran yang memiliki nilai FAS yang kecil, maka harus menggunakan *concrete vibrator* untuk membantu proses pematatannya.

7. Pada pelaksanaan pembuatan beton dengan cara perbandingan volume di lapangan, perlu dilakukan dengan teliti dan cermat, terutama pada jumlah air yang dimasukkan kedalam campuran, karena FAS sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan.
8. Untuk kebutuhan beton dengan mutu K300 atau K250 tetapi volume kebutuhannya besar sebaiknya menggunakan beton *ready mix*.
9. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan material penyusun beton yang memenuhi seluruh spesifikasi.
10. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variasi perbandingan yang lain, misalnya 1:1,5:2 dan 1:1,5:1,5.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C187-98, 1998. *Standard Test Method for Normal Consistency of Hydraulic Cement*, Annual Books of ASTM Standards, USA.
- ASTM C191-01a, 2001. *Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle*, Annual Books of ASTM Standards, USA.
- Ginting, Arusmalem, Wawan Gunawan, dan Ismirrozi, 2011. “*Pengaruh Kadar Air Agregat Terhadap Kuat Tekan Beton*”, Jurnal Teknik Vol. 1 No. 1.
- Ismail, Febrin Annas, 2009. “*Studi Kuat tekan Beton Campuran 1:2:3 Berdasarkan Lokasi Pengambilan Agregat di Sumatera Barat*”, Jurnal Rekayasa Sipil Vol. 5 No. 2.
- Mindess, Sidney, J. Francis Young, dan David Darwin, 2003. *Concrete (Second Edition)*, Pearson Education, Inc, Upper Saddle River New Jersey.
- Mukhlis, Yelvi, 2013. “*Pengaruh Beberapa Jenis Pasir Terhadap Kekuatan Beton*”, Jurnal Poli rekayasa Vol. 9 No. 1.
- Mulyati, Herman, 2015. “*Komposisi dan Kuat Tekan Beton Pada Campuran Portland Composite Cement, Pasir dan Kerikil Sungai dari Beberapa Quarry di Kota Padang*”, Jurnal Momentum Vol. 17 No. 2.
- Mulyono, Tri, 2004. *Teknologi Beton*, Andi Offset, Jakarta.
- Murdock, L. J., K. M. Brook, dan Sthephanus Hendarko, 1986. *Bahan dan Praktek Beton*, Erlangga, Jakarta.
- PBI 1971 NI-2, 1971. *Bab 3 Pasal 3 Agregat*. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Bandung.
- Pratama, M.Mirza Abdillah dan Vemi Widodoindyawati, 2014. “*Studi Eksperimental Pengaruh Tegangan Tekan Terhadap Kuat Tekan Dry Concrete*”, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Purwanto dan Yulita Arni Priastiwi, 2012. “*Pengaruh Kadar Lumpur Pada Agregat Halus dalam Mutu Beton*”. Jurnal Teknik Vol. 33 No. 2.
- Sagel,R., P. Kole, dan Gideon Kusuma, 1993. *Pedoman Pengerjaan Beton*, Erlangga, Jakarta.
- SK SNI T-15-1990-03, 1990. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1972-1990, 1990. *Metode Pengujian Slump Beton*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1974-1990,1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2843-2000, 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2847-2002, 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Gedung*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 15-2049-2004, 2004. *Semen Portland*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2493:2011, 2011. *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*, Badan Standarisasi Nasional.
- Tjokrodimuljo, Kardiyono, 1996. *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta.