

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH LOGAM SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Yulis Widhiastuti, ST.MT¹

Program Studi Teknik Sipil / Universitas Bojonegoro

ABSTRAK

Beton sebagai suatu campuran yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar dan semen yang dicampur menjadi satu dengan air membentuk suatu massa yang mirip batuan. Agregat yang digunakan sebagai material penyusunan beton merupakan sumber daya alam yang mengalami penyusutan atau penurunan jumlah volume di bumi saat ini. Hal tersebut menyebabkan bumi mengalami kerusakan. Sehingga perlu adanya pemanfaatan bahan lain untuk dijadikan pengganti agregat beton. Limbah logam dapat dijadikan sebagai bahan pengganti agregat halus.

Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan limbah logam terhadap berat jenis dan kuat tekan beton. komposisi campuran limbah logam yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebesar 0%, 5%, 25%, dan 50% dari berat agregat halus.

Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder, mutu beton yang direncanakan adalah 20 Mpa yang diuji pada umur 28 hari dengan terlebih dahulu dilakukan perawatan sebelum pengujian. Penelitian ini menguji beton dengan benda uji silinder untuk uji kuat tekan (diameter 150 mm dan tinggi 300 mm) sebanyak 24 sampel dan terdiri dari 4 variasi dan masing-masing sebanyak 6 sampel. Dari penelitian diperoleh bahwa kuat tekan beton yang tertinggi pada campuran limbah logam sebesar 0% yaitu sebesar 8,91 Mpa dan setiap variasinya mengalami penurunan kuat tekan. Penggantian limbah logam sebesar 0%, 5%, dan 25% merupakan campuran yang memiliki berat jenis sesuai beton normal yaitu antara 2300-2400 kg/m³.

Kata Kunci : *Limbah Logam, Berat Jenis, Kuat Tekan.*

PENDAHULUAN

Pemakaian beton sebagai salah satu bahan konstruksi telah lama digunakan di Indonesia dan mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Beton sering digunakan pada konstruksi bangunan maupun jembatan. Beton diartikan sebagai suatu campuran yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar dan semen yang dicampur menjadi satu dengan air membentuk suatu massa yang mirip batuan. Adanya suatu pembangunan infrastruktur dapat menyebabkan berkembangnya teknologi beton, sehingga masyarakat sangat membutuhkan beton dengan kualitas terbaik terutama untuk bangunan gedung. Alasan penggunaan beton salah satunya yaitu beton merupakan bahan yang kedap air. Agregat yang digunakan sebagai material penyusunan beton merupakan sumber daya alam yang mengalami penyusutan atau penurunan jumlah volume di bumi saat ini. Hal tersebut menyebabkan bumi mengalami kerusakan. Sehingga perlu adanya pemanfaatan bahan lain untuk dijadikan pengganti agregat beton. Limbah logam dapat dijadikan sebagai bahan pengganti agregat.

Di Indonesia banyak dijumpai limbah logam khususnya daerah kabupaten Bojonegoro. Limbah Logam merupakan kumpulan dari sisa pembakaran logam yang dijadikan sebagai alat pertanian berupa cangkul, sabit, pisau dan lainnya. Limbah logam banyak ditemukan ditempat-tempat pande besi. Di dusun Rowoanyar desa Glagahwangi terdapat 3 tempat pande besi. Hampir setiap hari pande besi mendapatkan pelanggan baik itu dari dalam desa maupun luar desa. Hal tersebut menyebabkan limbah logam yang didapatkan lumayan banyak. Karena kurangnya

pengetahuan pemilik pande besi atau warga sekitar untuk memanfaatkan limbah tersebut menyebabkan limbah logam dibuang setiap hari didekat tempat pande besi dan diselokan-selokan. Hal itu dapat mengakibatkan tercemarnya lingkungan sekitar atau menghalangi aliran air yang melewati daerah tersebut.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode Eksperimen. Metode eksperimen dipilih untuk mengetahui hubungan antara kuat tekan beton normal dengan beton campuran limbah logam. Penelitian eksperimen ini dilakukan dilaboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro. Objek dalam penelitian ini yaitu limbah logam yang dijadikan bahan tambah dalam beton dengan kadar sesuai hasil dari mix desain. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Data primer merupakan data yang dicari dengan cara melakukan pengujian Di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro.
2. Data sekunder merupakan data yang berasal dari studi – studi literatur penelitian sebelumnya atau teori-teori para ahli.

Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebasnya yaitu variasi penambahan limbah logam sebagai pengganti sebagian agregat halus.

Variabel terikat yaitu variabel yang nilainya tergantung variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya yaitu kuat tekan beton yang dipengaruhi oleh campuran limbah logam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Mix Design dengan $f'c$ 25 MPa

Mix Desain

Perencanaan mix desain dilakukan untuk mengetahui banyaknya komposisi bahan material yang digunakan untuk menyusun beton. Pada penelitian ini menggunakan acuan SNI 7656 Tahun 2012, SNI tersebut merupakan SNI beton terbaru yang berisi tentang tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa.

Tabel 1 Hasil Perencanaan Mix Design

No.	Uraian	Acuan	Hasil
1.	Kuat Tekan Rencana ($f'c$) 28 hari	Ditetapkan	20 Mpa
2.	Berat Kering Oven Agregat Kasar	Tabel 3.7	1591 kg/m ³
3.	Modulus Kehalusan		
	Agregat Halus	Tabel 3.9	2,42
	Agregat Kasar		
4.	Berat Jenis (SSD)		
	Agregat Halus	Tabel 3.5	2,25
	Agregat Kasar	Tabel 3.6	2,528
5.	Penyerapan Air		
	Agregat Halus	Tabel 3.5	3,31
	Agregat Kasar	Tabel 3.6	1,55
6.	Kadar Air		
	Agregat Halus	Tabel 3.2	3,31
	Agregat Kasar	Tabel 3.2	1,54

7.	Densitas		
	Air	Rumus 2.32	1000
	Semen	Rumus 2.32	3150
	Agregat Halus (SSD)	Rumus 2.32	2250
	Agregat Kasar (SSD)	Rumus 2.32	2528
	Berat Kering (Agregat Kasar)		1591
8.	Slump	Tabel 2.7	75-100 mm
9.	Ukuran Nominal Agregat		37,5 mm
No.	Uraian	Acuan	Hasil
10.	Kebutuhan Air Pencampur	Tabel 2.8	181 kg/m ³
11.	Kadar Udara	Tabel 2.8	1 %
12.	Rasio Air Semen	Tabel 2.9	0,69
13.	Kadar Semen	Rumus 2.19	262,319 kg/m ³
14.	Agregat Kasar		
	Interpolasi	Rumus 2.20	0,748
	Berat Agregat Kasar (kering)	Rumus 2.21	1190 kg/m ³
14.	Banyaknya Agregat (massa)		
	Berat Air	Rumus 2.22	181 kg/m ³
	Berat Semen	Rumus 2.23	262,319 kg/m ³
	Berat Agregat Kasar (kering)	Rumus 2.24	1190 kg/m ³
	Berat Total (Air+Semen+Agregat Kasar)	Rumus 2.25	1633,4 kg/m ³
	Berat Agregat Halus (Kering)	Rumus 2.26	777 kg/m ³
15.	Banyaknya Agregat (Volume)		
	Volume Air	Rumus 2.27	0,181 m ³
	Volume Semen	Rumus 2.28	0,0833 m ³
	Volume Absolut Ag. Kasar	Rumus 2.29	0,4708 m ³
	Volume Udara	Rumus 2.30	0,01 m ³
	Volume Total (Air+Semen+Agregat Kasar)	Rumus 2.31	0,745 m ³
	Volume Agregat Halus	Rumus 2.32	0,255 m ³
	Berat Agregat Halus	Rumus 2.33	573,68 m ³
16.	Koreksi Kandungan Air		
	Agregat Kasar (basah)	Rumus 2.34	1208,4 kg
	Agregat Halus (basah)	Rumus 2.35	77,65 kg
	Air	Rumus 2.36	181,12 kg
17.	Perkiraan Berat Campuran Beton 1m ³		
	Air	Rumus 2.36	181,12 kg
	Semen	Rumus 2.19	262,32 kg
	Agregat Kasar (Basah)	Rumus 2.34	1208,4 kg
	Agregat Halus (Basah)	Rumus 2.35	777,65 kg
	Total		2429,5 kg
18.	Perkiraan Campuran Beton untuk 3 benda uji		
No.	Uraian	Acuan	Hasil
	Air		2.879 kg
	Semen		4.170 kg
	Agregat Kasar		19.209 kg
	Agregat Halus		12.362 kg
	Total		38.620 kg

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Teknik Sipil UNIGORO,2019

Tabel 2 Hasil Mix Desain Untuk Campuran Limbah Logam untuk 3 benda uji

	Proporsi Campuran (kg)			
	0 %	5 %	25 %	50 %
1. Air	2.879	2.879	2.879	2.879
2. Semen	4.170	4.170	4.170	4.170
3. Agregat Kasar	19.209	19.209	19.209	19.209
4. Agregat Halus	12.362	11.744	9.271	6.181
5. Limbah Logam	0	0.618	3.090	6.181

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Teknik Sipil UNIGORO,2019

Langkah-langkah pembuatan benda uji

1. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji. Alat-alat dibersihkan terlebih dahulu. Kemudian menimbang bahan-bahan yang digunakan sesuai dengan hasil mix desain yang direncanakan.



Gambar 4.1 Hasil Penimbangan Air



Gambar 4.2 Hasil Penimbangan Agregat Kasar



Gambar 4.3 Hasil Penimbangan Agregat Halus



Gambar 4.4 Hasil Penimbangan Semen



Gambar 4.5 Hasil Penimbangan Limbah Logam

2. Bahan yang sudah ditimbang dimasukkan kedalam talam untuk diaduk manual menjadi satu menggunakan cangkul. Sehingga bahan tersebut dapat tercampur secara merata.



Gambar 4.6 Hasil Pencampuran Beton

3. Setelah campuran merata, langkah berikutnya yaitu menghitung nilai *slump*



Gambar 4.7 Percetakan adukan dalam slump



Gambar 4.8 Pengukuran Slump

4. Setelah uji slump, selanjutnya melakukan penimbangan beton basah untuk mengetahui berat jenis beton basah.



Gambar 4.9 Proses Penimbangan Berat Basah

5. Jika nilai slump sudah memenuhi spesifikasi, berikutnya yaitu adukan beton dituangkan kedalam silinder. Jika sudah mencapai 1/3 bagian silinder kemudian ditusuk dengan besi sebanyak 25 kali dan di isi lagi sampai 2/3 lalu diisi sampai penuh agar campuran beton benar-benar padat.



Gambar 4.10 Cetakan Untuk Pembuatan Benda Uji



Gambar 4.11 Benda Uji dalam Cetakan

6. Diamkan beton selama 24 jam agar beton kering.
7. Setelah 24 jam, cetakan beton dibuka lalu dilakukan perawatan beton.



Gambar 4.12 Benda Uji

8. Perawatan beton (curing)

Perawatan beton dilakukan dengan cara merendam beton dalam bak perendaman selama kurun waktu yang telah ditentukan yaitu selama 28 hari setelah cetakan dibuka. Perawatan beton dilakukan guna untuk mencegah penguapan air semen yang ada dalam campuran. Setelah dilakukan perendaman selama 27 hari, benda uji diangkat dari bak selama sehari sebelum beton diuji.



Gambar 4.13 Perawatan Benda Uji (Perendaman Dalam Kolam)

9. Pelaksanaan Uji Kuat Tekan

Maksud dari pengujian kuat tekan beton adalah untuk menentukan kekuatan tekan beton berbentuk silinder yang dibuat dan dirawat di Laboratorium. Uji kuat tekan dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Menggunakan alat uji kuat tekan dilaboratorium Universitas Bojonegoro. Kekuatan tekan beton adalah beban persatuan luas yang menyebabkan beton hancur. Kemudian dicatat besarnya beban maksimum (P) yang akan digunakan untuk menentukan tegangan tekan beton (f'_c).

10. Analisa Hasil

Analisa hasil yang digunakan dalam penelitian ini yaitu regresi linier yang menggunakan aplikasi SPSS versi 25, bertujuan untuk mengetahui hubungan antara penambahan 1 % limbah logam terhadap kekuatan beton.

Hasil Pengujian Beton

Hasil Pengujian Slump

Pengujian Slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan adukan suatu beton. Kekentalan adukan beton merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran untuk diaduk, diangkat, dituang, dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan. Tingkat kekentalan dipengaruhi oleh komposisi campuran, jenis bahan pencampur dan kondisi fisik. Untuk pengujian slump pada penelitian ini dilakukan sekali untuk 6 benda uji sehingga dapat menghasilkan empat nilai slump untuk semua benda uji. Hasil dari pengujian slump dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 3 Hasil Pengukuran Nilai Slump

No.	Persen Limbah Logam	Nilai Slump	Satuan
1.	0 %	80	mm
2.	5 %	79	mm
3.	25 %	78	mm
4.	50 %	75	mm

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil UNIGORO, 2019

Dari plot data diatas dapat diketahui jika semakin banyak jumlah variasi limbah logam maka semakin kecil nilai slump. Sehingga dapat disimpulkan bahwa limbah logam dapat menyerap air.

4.3.2 Hasil Pengujian Berat Jenis Adukan (Beton Basah)

Dalam penelitian ini pengujian berat jenis adukan (beton basah) dilakukan sekali untuk 6 benda uji. Campuran adukan beton dimasukkan kedalam bejana lalu ditimbang sehingga dapat menghasilkan nilai beton basah dan kemudian dapat dihitung pada tabel berikut ini :

Tabel 4 Hasil Perhitungan Berat Jenis Basah

Variasi Limbah Logam	Berat Beton Basah (kg)	Berat Wadah (kg)	Volume Wadah (m ³)	Berat Basah (kg/m ³)
	(1)	(2)	(3)	=((1)-(2)) : (3)
0 %	7,373	1,150	0,002826	2202,052
5 %	7,864	1,150	0,002826	2375,796
25 %	7,625	1,150	0,002826	2291,224
50 %	7,538	1,150	0,002826	2260,439

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil UNIGORO, 2019

Dari tabel 4 dapat disimpulkan bahwa tidak ada yang dapat dikategorikan beton normal karena memiliki nilai berat jenis < 2429,58 (berat beton basah perkiraan mix desain)

4.3.3 Hasil Pengujian Beton Keras

Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mengetahui berat jenis beton keras yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan beban berat sendiri bangunan. Hasil pengujian berat jenis beton keras seperti tabel berikut :

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Keras

No. Benda Uji	Berat Kering Beton (kg)				Volume beton (m ³)	Berat Jenis Beton (kg/m ³)			
	-1					-2	(3) = (1) / (2)		
	Limbah Logam 0 %	Limbah Logam 5 %	Limbah Logam 25 %	Limbah Logam 50 %		Limbah Logam 0 %	Limbah Logam 5 %	Limbah Logam 25 %	Limbah Logam 50 %
1	12.47	12.11	12.35	12.02	0.0053	2352.442	2285,916	2330.738	2268.460
2	12.32	12.44	12.07	12.16	0.0053	2325.077	2348,158	2276.952	2294.881
3	12.08	12.49	12.38	12.08	0.0053	2279.406	2356,707	2336.400	2279.783
Rata-rata	12.29	12,35	12.27	12.09		2318.975	2330,260	2314.697	2281.041

Sumber : Hasil Pengujian BJ Beton Keras di Laboratorium Teknik Sipil UNIGORO, 2019

Dari hasil data diatas diketahui bahwa variasi penambahan limbah logam dapat dikategorikan sebagai beton normal karena memiliki berat jenis antara 2200-2500 kg/m³ menurut SNI 7656 Tahun 2012.

4.3.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton menggunakan alat compressive testing mesin (CTM) yang dilakukan dilaboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari perendaman. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (umur 28 hari)

Beton variasi 0 %					
P	Ton ke Newton	P	A	F'c	
(gaya) Ton	1 Ton = 9806,65 Newton	(gaya) Ton	(luas penampang)	f'c=P	
1	2	3 = (1 x 2)	4	5 = (3 / 4)	
21	9806.65	205939.65	17662.5	=	11.6597113
25	9806.65	245166.25	17662.5	=	13.8806086
20	9806.65	196133	17662.5	=	11.1044869
			Rata-rata		12.2149356
Beton variasi 5 %					
15.5	9806.65	152003.075	17662.5	=	8.60597735
18	9806.65	176519.7	17662.5	=	9.99403822
17	9806.65	166713.05	17662.5	=	9.43881387
			Rata-rata		9.34627648
Beton variasi 25 %					
15	9806.65	147099.75	17662.5	=	8.32836518
15	9806.65	147099.75	17662.5	=	8.32836518
14.5	9806.65	142196.425	17662.5	=	8.05075301
			Rata-rata		8.23582779
Beton variasi 50 %					
12	9806.65	117679.8	17662.5	=	6.66269214
9.5	9806.65	93163.175	17662.5	=	5.27463128
10.5	9806.65	102969.825	17662.5	=	5.82985563
			Rata-rata		5.92239302

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Teknik Sipil UNIGORO, 2019

Dari data di atas Diketahui bahwa semakin banyak penambahan limbah logam semakin menurun hasil nilai kuat tekan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa beton dengan penambahan limbah logam tidak cocok dijadikan untuk konstruksi bangunan.

Analisa Hasil

4Slump

Dari Tabel 4.3 diketahui bahwa nilai slump dengan penambahan limbah logam 0%, 5%, 25% dan 50% yaitu sebesar 80 mm 79 mm 78 mm dan 75 mm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa setiap penambahan limbah logam akan mengalami penurunan nilai slump namun selisihnya

tidak terlalu jauh dilihat dari bahan pengganti agregat halus berupa limbah logam sehingga tidak dapat menyerap air. Penurunan tersebut dikarenakan adanya pengaruh gravitasi.

Berat Jenis (Berat Isi) Beton Basah

Dari tabel 4.4 dapat diketahui bahwa berat jenis beton basah dengan penambahan limbah logam 0%, 5%, 25% dan 50% yaitu sebesar 2202,052 kg/m³, 2375,796 kg/m³, 2291,224 kg/m³, dan 2260,439 kg/m³. Nilai berat jenis basah < 2429,58 kg/m³ (berat beton basah perkiraan mix desain). Adanya perbedaan tersebut merupakan kurang tingginya tingkat kecermatan peneliti dalam memasukkan bahan kedalam wadah pengadukan sehingga bahan keluar dari tempat dan mengurangi berat bahan tersebut.

Berat Jenis (Berat Isi) Beton Keras

Dari Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa berat jenis beton keras dengan penambahan limbah logam 0%, 5%, 25% dan 50% yaitu sebesar 2318,975 kg/m³, 2330,260 kg/m³, 2314,697 kg/m³, dan 2281,041 kg/m³. Hasil tersebut Sesuai dengan Berat Jenis (Berat Isi) beton normal pada SNI 7656 2012 yaitu antara 2200 - 2500 kg/m³. Terdapat perbedaan hasil berat isi antara variasi satu dengan lainnya hal tersebut terjadi karena adanya perbedaan tingkat kerataan benda uji sehingga pengikisan dari setiap benda uji berbeda-beda.

Kuat Tekan Beton

Analisa hasil kuat tekan beton bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan 1 % limbah logam terhadap kekuatan beton. berikut data hasil kuat tekan beton :

Tabel 7 Data Kuat Tekan Beton (28 hari)

No. Sampel	Variasi Penambahan Limbah Logam	Kuat Tekan Beton
1.	0	11.660
2.	0	13.881
3.	0	11.104
4.	5	8.606
5.	5	9.994
6.	5	9.439
7.	25	8.328
8.	25	8.328
9.	25	8.051
10.	50	6.663
11.	50	5.275
12.	50	5.830

Sumber: Hasil Kuat Tekan Beton Laboratorium Teknik Sipil UNIGORO, 2019

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan variasi limbah logam 0%, 5%, 25%, dan 50% yaitu sebesar 12,215 Mpa , 9,346 Mpa , 8,236 Mpa dan 5.922 Mpa. Hasil tersebut menunjukkan semakin banyak penambahan limbah logam semakin kecil nilai kuat tekan.
2. Pengaruh penambahan limbah logam terhadap kuat tekan beton yaitu Jika variasi penambahan limbah logam (X) meningkat 1 % maka kuat tekan beton (Y) akan menurun sebesar 0,107.

REFERENSI

- Badan Standar Nasional, 2012. *Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa SNI 7656-2012*. Jakarta: Badan Standar Nasional
- Mulyono, Tri, 2003, *Teknologi Beton*, Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.
- Anis Rakhmawati, Muhammad Amin, Arso Susetyo (Jurnal Penelitian Inovasi).
PENGARUH TAHI BESI SEBAGAI CAMPURAN PASIR PADA
CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN.
- Nurfadhilah, Ima, 2018. *Pembuatan Beton Ringan Mutu Tinggi menggunakan batu apung (pumice stone) sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar*. Bojonegoro: Universitas Bojonegoro
- Tjokrodinuljo Kardiyono, 1996. "*Teknologi Beton*", Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Gajah Mada.
- Tjokrodinuljo Kardiyono, 2007. "*Teknologi Beton*", Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Gajah Mada.
- Badan Standar Nasional. 2004. *Semen Portland SNI 15-22049-2004*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional, 2011. *Cara Uji Kadar Air Total Agregat dengan Pengeringan SNI 1971 : 2011*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional, 2014. *Metode Uji Bahan Organik Dalam Agregat Halus Untuk Beton SNI 2816:2014*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional, 2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus SNI 1970:2008*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional, 1998. *Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat SNI 03-4804-1998*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional, 1990. *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar SNI 03-1968-1990*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional, 2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar SNI 1969-2008*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional, 1998. *Metode Pengujian Berat Isi Agregat SNI 03-4804-1998*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional, 2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar SNI 1970-2008*. Jakarta: Badan Standar Nasional.