

PENGARUH PENAMBAHAN PECAHAN SERBUK AQUA SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP MASSA DAN KUAT TEKAN BETON

¹Swardi Simanjuntak, ²Sahrul Harahap, ³Rizky febriani pohan

email : swardisimanjuntakugn@gmail.com

¹Alumni Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Graha Nusantara

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Graha Nusantara

³Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Graha Nusantara

ABSTRAK

Kebutuhan perumahan, perhubungan dan industri berdampak pada peningkatan kebutuhan bahan-bahan pendukungnya. Salah satu yang meningkat tajam adalah kebutuhan terhadap produk beton. Beton dibuat dengan menggunakan semen, pasir, kerikil, dan air. Beton merupakan bahan yang banyak digunakan dan menjadi unsur utama pada bangunan. Semakin banyak beton digunakan sebagai bahan penyusun struktur beton, maka mendorong penelitian untuk mengembangkan material maupun cara pembuatan beton. Pemakaian agregat tambahan sebagai campuran beton sudah cukup lama dilakukan, namun dengan seiring perkembangan zaman maka penelitian juga semakin berkembang dengan memanfaatkan limbah yang sifatnya memerlukan waktu yang lama untuk dapat terurai. Salah satunya dengan menambahkan limbah botol aqua sebagai pengganti agregat halus. Tujuan dari Penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh serbuk botol aqua terhadap kuat tekan dan massa beton. Bagaimana nilai kuat tekan beton dan massa beton sesudah mengalami penambahan serbuk botol aqua dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%. Setelah dilakukan pengujian nilai kuat tekan beton normal didapat 19,11 MPa, nilai kuat tekan beton dengan 5%, 10% dan 15% serbuk aqua adalah 16,20 MPa, 13,09 MPa, dan 11,60 MPa. Massa beton normal memiliki rata-rata 11,57 kg, massa rata-rata beton dengan campuran 5%, 10%, dan 15% serbuk aqua adalah 11,47 kg, 11,44 kg dan 11,39 kg. Dengan demikian penambahan serbuk aqua pada beton mengakibatkan massa beton menjadi lebih ringan.

Kata Kunci : *Kuat tekan, serbuk aqua, agregat halus, massa beton*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara ke-4 pengguna botol terbanyak di dunia, hal tersebut terjadi dikarenakan oleh pesatnya industri botol minuman di Indonesia yang dipengaruhi oleh urbanisasi dan jumlah penduduk. Penjualan produk botol minuman meningkat dari 12,8 milyar di tahun 2009 menjadi 23,1 milyar di tahun 2014 (Anonim, 2013). Pemanfaatan serbuk aqua menjadi alternatif baru untuk memperoleh beton serat yang diperoleh dari limbah botol minuman. Hasil limbah tersebut diharapkan dapat meningkatkan dan memperbaiki sifat mekanik dan sifat fisis beton yang jauh lebih baik dari beton yang tanpa bahan tambah. Penambahan cacahan botol aqua juga diharapkan dapat menambah sifat *workability* beton, adukan semakin encer dan memudahkan pengerjaan beton. Selain itu, mampu mengurangi sampah maupun limbah botol plastik yang sifatnya membutuhkan waktu yang lama agar dapat terurai

TINJAUAN PUSTAKA

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen, agregat kasar, agregat halus, airdan bahan tambah (*zat addictive*) Mulyono (2004). Dan defenisi lain dari beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Semen Portland didefenisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling *klinker* yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Tipe-tipe semen Portland berdasarkan komposisinya (Nugraha dan Antoni 2007 : 38 - 39):

1. Tipe I adalah semen Portland untuk tujuan umum. Jenis ini paling banyak di produksi karena digunakan untuk hampir semua jenis konstruksi.
2. Tipe II adalah semen Portland modifikasi adalah tipe yang sifatnya setengah tipe IV dan setengah tipe V (moderat).
3. Tipe III adalah semen Portland dengan kekuatan awal tinggi. Kekuatan 28 hari umumnya dapat dicapai dalam 1 minggu.
4. Tipe IV adalah semen Portland dengan panas hidrasi rendah, yang dipakai untuk kondisi diam kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum.
5. Tipe V adalah semen Portland tahan sulfat, yaitu dipakai untuk menghadapi aksi sulfat yang ganas.

Kandungan agregat dalam campuran beton berkisar 60% - 70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, maka agregat menjadi sangat penting. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam dan agregat buatan. Secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya yaitu: agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,75 mm sedangkan agregat halus adalah agregat yang ukuran butirnya lebih kecil dari 4,75 mm.

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya, bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan menjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi

sedikit, dengan kata lain (kepadatannya) tinggi. Gradasi agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang baik, sebaiknya masuk dalam batas-batas yang tercantum dalam Tabel berikut:

Batas Gradasi Agregat Kasar

(Mulyono, 2004)

LUBANG AYAKAN (mm)	PERSEN BUTIR LEWAT AYAKAN		
	40 mm	20 mm	12,5 mm
40	95-100	100	100
20	30-70	95-100	100
10	10 - 35	25-35	40-85
4,8	0-5	0-10	0-10

Ada 3 jenis agregat berdasarkan beratnya yaitu :

1. Agregat normal yaitu agregat yang memiliki berat isi tidak kurang dari 1.200 kg/m³.
2. Agregat ringan yaitu agregat yang memiliki berat isi 350 – 880 kg/m³ untuk agregat kasarnya dan 750 – 1.200 kg/m³ pada agregat halusya. Campuran dari kedua agregat tersebut memiliki berat isi maksimum 1.400 kg/m³.
3. Agregat berat adalah agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari 2.800 kg/m³.

Batas Gradasi Agregat Halus

(Mulyono, 2004)

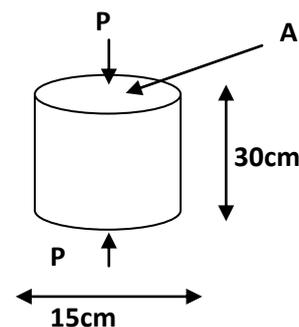
Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
9,5	100	100	100	100
4,75	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,36	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,19	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,59	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Dari tabel diatas menjelaskan tentang batas gradasi agregat halus diambil dari persen kumulatif lolos ayakan.

Keterangan:

- Zona I = Pasir Kasar
- Zona II = Pasir Agak Kasar
- Zona III = Pasir Agak Halus
- Zona IV = Pasir Halus

Kekuatan tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekanan per satuan luas. Pengujian kuat tekan biasanya digunakan pada benda uji silinder dan kubus. Untuk pengujian laboratorium perlu diketahui bentuk benda uji yang akan dibuat. Setiap bentuk benda akan memiliki faktor bentuk yang berbeda-beda. Faktor bentuk benda uji dapat dilihat pada Gambar di bawah ini



Gambar Faktor Pengujian Kuat Tekan

Rumus - rumus yang digunakan pada perhitungan kuat tekan beton adalah sebagai berikut :

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

Dimana:

- f'_c = kuat tekan beton (MPa)
- A = luas permukaan benda uji (mm²)
- P = berat beban maksimum (N)
- D = diameter (cm²)

Adapun rumus berat jenis benda uji ialah :

$$\text{Berat jenis benda uji} = \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume silinder}}$$

Dan rumus mencari nilai rata-rata ialah :

$$\gamma_{rata.rata} = \frac{\sum \gamma}{\sum \text{Benda uji}}$$

Dimana:

$\sum \gamma$ = Berat rata-rata volume beton (gr/m^3)

\sum Benda uji = Jumlah benda uji

Serbuk aqua dalam penelitian ini merupakan hasil pengolahan dari limbah botol aqua yang dicacah dengan ukuran 2 - 5 mm. Botol aqua pada umumnya di buat dari material plastik dan kaca (kalsium karbonat, sodium karbonat, dan pasir silika).

Pada penelitian Qomariah (2015) dengan penambahan serbuk aqua sebesar <1% (0,0089%) dari berat pasir yang digunakan dengan variasi ukuran Φ 2,36 dan Φ 1,18 mm. Dari hasil pengujian diperoleh sifat mekanik kuat tekan beton rata-rata untuk umur 7, 14 dan 28 hari sebesar 23,82, 21,88 dan 23,52 MPa. Dari hasil pengujian diperoleh sifat fisik yaitu penambahan cacahan plastik Φ 2,36 dan Φ 1,18 mm dapat menambah sifat *workability* beton, adukan semakin encer dan memudahkan pengerjaan beton.



Gambar Cacahan Botol Aqua

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan serbuk aqua hasil pengolahan dari limbah botol aqua yang

dicacah dengan ukuran 2 - 5 mm. Metode penelitian yang diterapkan adalah metode eksperimen, yaitu penelitian yang bertujuan untuk menyelidiki pengaruh penambahan pecahan serbuk aqua sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap massa dan kuat tekan beton. Semua sampel diuji pada umur yang telah ditentukan untuk melihat perkembangan kuat tekan dari masing-masing sampel. Pengujian tes tekan beton menggunakan 16 sampel beton .

Dalam penelitian ini direncanakan jumlah benda uji masing-masing adalah 3 benda uji beton normal, 3 benda uji beton dengan campuran serbuk aqua 5% pengganti sebagian agregat halus dan 3 benda uji beton dengan campuran serbuk aqua 10% pengganti sebagian agregat halus serta 3 benda uji beton dengan campuran serbuk aqua 15% pengganti sebagian agregat halus. Jumlah benda uji untuk masing-masing beton variasi dan beton

Benda Uji	BSA 5 %	BSA 10 %	BSA 15 %	BN
Jumlah	3	3	3	3

normal dapat dilihat pada Tabel berikut :

Variasi Campuran Dan Jumlah Benda Uji.

Keterangan:

- BSA 5 % = Beton 5% serbuk aqua
- BSA 10 % = Beton 10% serbuk aqua
- BSA 15% = Beton 15% serbuk aqua
- BN = Beton Normal

Perencanaan campuran beton dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan SNI-03-2384-1993. Perhitungan *mix design* pada penelitian ini akan menggunakan nilai FAS sebesar 0,5, sedangkan nilai *slump* 60 mm - 100 mm. Dan untuk menentukan kebutuhan proporsi campuran sampel penelitian dapat dilihat pada tabel 3.2 di bawah ini.

Acuan Proporsi Campuran Beton (AHSP 2016)

Bahan	Satuan	Koefisien
Semen portland	kg	371
Pasir beton	kg	698
Kerikil	kg	1.047
Air	liter	215

Cetakan benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan jumlah benda uji yaitu 12 silinder.

Perawatan benda uji yang dilakukan sesuai dengan SNI-03-2493-1991. Perawatan dilakukan setelah pembongkaran cetakan lalu direndam di dalam air bersih pada temperatur 25 °C sesuai dengan umur beton yang direncanakan. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam sehari sebelum pengujian tekan dilakukan. *Slump test* yang direncanakan pada spesifikasi 60-100 mm. *Slump test* dilakukan dengan panduan SK SNI-1972-2008.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini agregat halus yang digunakan bersumber dari daerah Padangsidempuan. Adapun hasil setelah dilakukan pengujian selama 24 jam yaitu sebagai berikut :

- Tinggi pasir (V_1) = 70 mL
- Tinggi air = 20 mL
- Tinggi lumpur (V_2) = 3,2 mL

Dengan penggunaan Persamaan 2.1 pada bab sebelumnya diperoleh :

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar lumpur pasir} &= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \\
 &= \frac{3,2}{70 + 3,2} \times 100\% \\
 &= 4,37\% \text{ atau } 4\%
 \end{aligned}$$

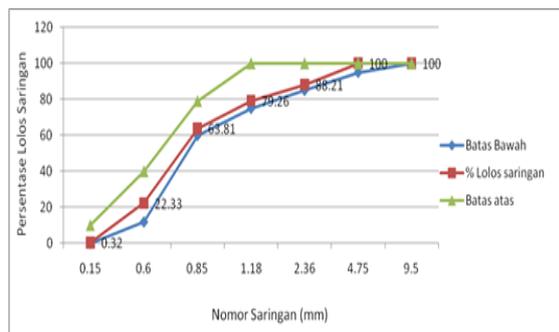
Dari hasil perhitungan di atas, diperoleh kadar lumpur pasir sebesar 4 %, sedangkan kadar lumpur yang disyaratkan adalah maksimal 5% maka agregat halus dapat digunakan sebagai campuran beton .

Analisa saringan dengan ukuran yang terdiri dari 9,50 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,85 mm, 0,6 mm, 0,25 mm, 0,15 mm, dan 0,075 mm ditambah lapisan dasar menggunakan pan. Kemudian perangkat saringan diguncang dengan tangan atau mesin penggongcang selama 15 menit. Adapun hasil yang diperoleh dapat kita lihat Tabel di bawah ini :

Tabel Hasil Analisa Ayakan

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gr)	% Berat Tertahan	% Tertahan Kumulatif	% Lolos Kumulatif
9,5	0	0,00	0,00	100
4,75	0	0,00	0,00	100
2,36	158	11,79	11,79	88,21
1,18	120	8,95	20,74	79,26
0,85	207	15,44	36,19	63,81
0,6	556	41,48	77,67	22,33
0,25	160	11,94	89,61	10,39
0,15	135	10,07	99,68	0,32
0,075	0,32	0,02	99,70	0,30
pan	4	0,30	100,00	0,00
Jumlah	1.340			

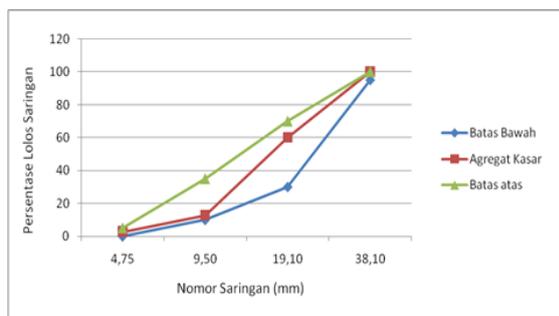
Berdasarkan hasil dari grafik distribusi dapat disimpulkan bahwa Setelah dilakukan penggolongan hasil uji sampel agregat halus terhadap zona I, zona II, zona III, dan zona IV, maka hasil yang didapatkan bahwa agregat halus yang bersumber dari daerah Padangsidempuan termasuk ke dalam zona III (pasir agak halus). Berikut ini grafik gradasi agregat halus :



Batas Gradasi Agregat Halus

Berdasarkan hasil dari grafik distribusi dapat disimpulkan bahwa Setelah dilakukan penggolongan hasil uji sampel agregat kasar, maka hasil yang didapatkan bahwa agregat kasar yang bersumber dari daerah Padangsidempuan masuk dalam batas-batas yang di tentukan oleh *British Standard*.

Berikut ini grafik batas gradasi agregat kasar :



Batas Gradasi Agregat Kasar

Perhitungan campuran untuk mencetak 12 sampel beton dengan 4 variasi jenis sampel beton silinder. Semua benda uji dalam masing-masing tipe beton dibuat dalam 4 kali adukan.

Apabila pengecoran 1 silinder volumenya = $3,14 \times 0,00562 \times 0,3 = 0,0052\text{m}^3$

Sehingga, kebutuhan agregat campuran beton untuk 3 benda uji adalah sebagai berikut :

Kebutuhan campuran 0 % serbuk aqua

Material	Satuan	Koefisien	Volume	Kebutuhan
Semen Portland	Kg	371	0,016	5,90
Pasir beton	Kg	698	0,016	11,09
Kerikil	Kg	1.047	0,016	16,64
Air	L	215	0,016	3,42

Material	Satuan	Koefisien	Volume	Kebutuhan
Semen Portland	Kg	371	0,016	5,90
Pasir beton	Kg	698	0,016	11,09
Kerikil	Kg	1.047	0,016	16,64
Air	L	215	0,016	3,42

Apabila pengecoran 1 silinder volumenya $3,14 \times 0,00562 \times 0,3 = 0,0052\text{m}^3$. Maka, kebutuhan agregat campuran beton untuk 3 benda uji dengan campuran 5% serbuk aqua pengganti sebagian agregat halus adalah sebagai berikut :

$$= \text{Volume agregat halus} \times 5\%$$

$$= 11,09\text{kg} \times 5\%$$

$$= 0,55 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat halus} = 11,09 \text{ kg} - 0,55 \text{ kg}$$

$$= 10,54 \text{ kg}$$

Kebutuhan campuran 5 % serbuk aqua

Material	Satuan	Koefisien	Volume	Kebutuhan	
				Agregat	Serbuk Aqua (kg)
Semen Portland	kg	371	0,016	5,90	0,55
Pasir beton	kg	698	0,016	10,54	
Kerikil	kg	1.047	0,016	16,64	
Air	L	215	0,016	3,42	

Serbuk aqua 10 % :

$$= \text{Volume agregat halus} \times 10\%$$

$$= 11,09\text{kg} \times 10\%$$

$$= 1,11 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat halus} = 11,0955 \text{ kg} - 1,11\text{kg}$$

$$= 9,98 \text{ kg}$$

Kebutuhan campuran 10 % serbuk aqua

Material	Satuan	Koefisien	Volume	Kebutuhan	
				Agregat	Serbuk Aqua (kg)
Semen Portland	Kg	371	0,016	5,90	1,11
Pasir beton	Kg	698	0,016	9,99	

Kerikil	kg	1,047	0,016	16,64
Air	L	215	0,016	3,42

Serbuk aqua 15 % :
 = Volume agregat halus x 15 %
 = 11,09kg x 15%
 = 1,66 kg

Agregat halus = 11,09 kg – 1,66 kg
 = 9,43 kg

Kebutuhan campuran 15 % serbuk aqua

Material	Satuan	Koefisien	Volume	Kebutuhan	
				Agregat	Serbuk Aqua (kg)
Semen Portland	kg	371	0,016	5,90	1,66
Pasir beton	kg	698	0,016	9,43	
Kerikil	kg	1.047	0,016	16,64	
Air	L	215	0,016	3,42	

Untuk penelitian ini, peneliti melakukan pemeriksaan kuat tekan beton pada umur 28 hari.

Rumus perhitungan kuat tekan beton adalah sebagai berikut :

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

Dimana:

f'_c = kuat tekan beton (MPa)
 A = luas permukaan benda uji (mm^2)
 P = berat beban maksimum (N)
 D = diameter

a. Perhitungan kuat tekan beton normal (f'_c)

$$P = 337,5 \text{ kN}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 15 \times 15$$

$$= 176,62 \text{ cm}^2$$

$$= 17.662,5 \text{ mm}^2$$

$$F_c' = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{337,5 \times 1000}{176,625 \times 100}$$

$$= \frac{337,500}{17662,5}$$

$$= 19,11 \text{ MPa}$$

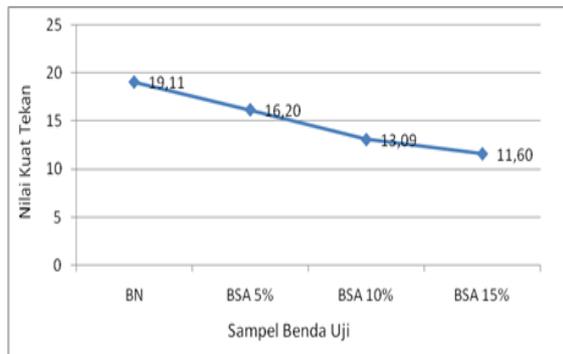
Perhitungan di atas menjelaskan hasil perhitungan kuat tekan beton dimana kuat tekan beton normal sebesar 19,11 MPa, sedangkan hasil pemeriksaan kuat tekan beton dengan variasi campuran 5 % serbuk aqua sebesar 16,20 MPa, pemeriksaan kuat tekan beton dengan variasi campuran 10 % serbuk aqua sebesar 13,09 MPa, dan pemeriksaan kuat tekan beton dengan variasi campuran 15 % serbuk aqua sebesar 11,60 MPa.

Untuk lebih jelas hasil kuat tekan dapat dilihat pada Tabel di bawah ini :

Tabel Pemeriksaan Kuat Tekan Benda Uji Umur 28 Hari

No	Benda Uji	Beban Maksimum	Beban Maksimum	Kuat Tekan (MPa)
		Rata-Rata (kN)	(N)	
1	BSA 5 %	286,25	286.250	16,20
2	BSA 10 %	231,25	231.250	13,09
3	BSA 15 %	205	205.000	11,60
4	BN	337,5	337.500	19,11

Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari



Dari grafik di atas penambahan serbuk aqua sebagai bahan tambahan beton mengakibatkan kurangnya nilai kuat tekan beton. Kuat tekan BSA 5 % mengalami penurunan sebesar 17,96 % dari beton normal (BN), kuat tekan BSA 10 % mengalami penurunan sebesar 23,76 % dari BSA 5 %, dan kuat tekan BSA 15 % mengalami penurunan sebesar 12,84 % dari BSA 10 %.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan dalam penelitian ini serta menjawab tujuan dari penelitian ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penambahan serbuk aqua pada campuran beton mengakibatkan penurunan kuat tekan beton normal di setiap variasi persentasenya. Hal ini disebabkan kurangnya daya ikat antara agregat penyusun beton.
2. Setelah dilakukan pengujian nilai kuat tekan beton normal didapat 19,11 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan beton dengan serbuk aqua 5 %, 10 % dan 15 % masing-masing didapat nilai kuat tekan beton sebesar 16,20 MPa, 13,09 MPa, dan 11,60 MPa.
3. Dari hasil pengujian massa pada beton juga mengalami perubahan yang cukup besar. Hal ini disebabkan berat isi serbuk aqua yang jauh lebih ringan dibandingkan berat isi serbuk aqua yang membuat berat beton menjadi lebih ringan. Massa beton normal memiliki rata-rata 11,57 kg, sedangkan

massa rata-rata beton dengan campuran serbuk aqua 5%, 10% dan 15% masing-masing sebesar 11,47 kg, 11,44 kg, dan 11,39 kg.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, D., 2019, Pengaruh Penambahan Pecahan Kulit Kemiri Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Pada Beton Terhadap Massa Dan Kuat Tekan Beton, *Skripsi*, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Medan.
- Anonim, 1990, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Bandung.
- Anonim, 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Bandung.
- Anonim, 1993, *Perencanaan Adukan Beton*, Jakarta.
- Anonim, 2015, *Semen Portland Komposit*, Jakarta.
- Anonim, 2008, *Cara Uji Slump Beton*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Anonim, 2008, *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, Jakarta.
- Anonim, 2008, *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*, Jakarta.
- Anonim, 2008, *Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Untuk Konstruksi Bangunan Gedung Dan Perumahan*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Anonim, 2011, *Tata Cara Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Di Laboratorium*, Jakarta.

Anonim, 2011, *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Anonim, 2013, Negara Pengguna Botol Plastik Terbesar di Dunia, <https://www.merdeka.com/uang/5-negara-pengguna-botol-plastik-terbesar-dunia-termasuk-indonesia.html>, Jakarta.

Nugraha dan Antoni, 2007, *Teknologi Beton*, Cv.Andi Offset, Yogyakarta.

Qomariah, 2015, Pengaruh Penambahan Cacahan Botol Aqua Polypropylene (PP) Pada Pasir Terhadap Kinerja Beton Normal, *Jurnal Teknik Sipil*, 11(1).

Ridwan, Subari, Yulius, 2014, Pengaruh Penggunaan Cacahan Botol Plastik Polypropylene Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton, *Jurnal Bentang*, 2 (1).