

PENGUNAAN LIMBAH BOTOL PLASTIK SEBAGAI AGREGAT PADA CAMPURAN BETON DENGAN PENAMBAHAN SILIKA FUME

Husaini¹ dan Mahdi²

¹ Dosen Fakultas Teknik Universitas Almuslim

ABSTRAK

Penelitian yang dilakukan dengan metode eksperimental ini dimaksudkan untuk memanfaatkan limbah botol plastik jenis PET dalam campuran beton. Pemilihan bahan limbah botol plastik dengan penambahan silika fume 5% dalam campuran beton meliputi pengujian kuat tekan yang dilakukan pada benda uji kubus ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm sebanyak 16 benda uji, dengan faktor air semen (FAS) yang digunakan adalah 0,6. Penelitian ini menggunakan limbah botol plastik jenis PET yang tertahan pada saringan 9,52 mm dan di substitusikan dengan volume agregat kasar pada beton normal serta dengan penambahan silika fume yang mengandung kadar SiO₂ yang dapat menggantikan semen. Adapun untuk komposisi campuran beton untuk limbah botol plastik adalah 25%, 50% dan 75% dengan penambahan silika fume setiap variasinya. Berdasarkan hasil pengujian beton dengan limbah botol plastik komposisi 25% diperoleh kuat tekan karakteristik (σ'_{bk}) sebesar 164,99 kg/cm², untuk limbah botol plastik komposisi 50% diperoleh kuat tekan karakteristik (σ'_{bk}) sebesar 138,50 kg/cm², dan untuk limbah botol plastik komposisi 75%, diperoleh kuat tekan karakteristik (σ'_{bk}) sebesar 111,31 kg/cm². Persentase penurunan dengan kadar campuran 25%, 50%, dan 75% jika dibandingkan dengan beton normal adalah sebesar 24%, 37%, dan 49% turun dari kuat tekan karakteristik beton normal.

Kata-kata kunci: limbah botol plastik jenis PET, silika fume, faktor air semen (FAS) 0,6.

PENDAHULUAN

Limbah botol plastik merupakan *polyester termoplastik* yang diproduksi secara komersial melalui produk kondensasi yang dikarakterisasi dengan banyaknya ikatan ester yang didistribusikan sepanjang rantai utama polimer. Limbah botol plastik merupakan bahan dasar dari botol minuman plastik, dengan nama *polioksi etilen neooksitereftaol*. Limbah botol plastik yang berupa *polyethylene terephthalate (PET)* akan dimanfaatkan dalam penelitian ini.

Silika fume dalam jumlah tertentu dapat menggantikan jumlah semen, selain itu karena *Silika fume* mempunyai diameter sangat kecil, maka *Silika fume* dapat juga berperan sebagai pengisi diantara partikel-partikel semen. Dengan adanya *Silika fume* ini distribusi porositas beton menjadi lebih kecil

karena peran *Silika fume* disini selain sebagai penanggulangan terhadap serangan sulfat juga sebagai pengisi rongga-rongga partikel semen dan agregat sehingga dapat menambah kedapatan dan keawetan beton.

Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150 (1985) semen Portland didefinisikan sebagai bahan 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.

Semen portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Perbandingan

bahan-bahan utama penyusunnya adalah kapur (CaO) sekitar 60 % - 65 %, silika (SiO₂) sekitar 20 % - 25 % dan oksida besi serta alumina (Fe₂O₃ dan Al₂O₃) sekitar 7 % - 12 % (Mulyono, 2004).

Agregat merupakan bahan utama pembentuk beton disamping pasta semen. Kadar agregat dalam campuran berkisar antara 60-80 % dari volume total beton. Oleh karena itu kualitas agregat berpengaruh terhadap kualitas beton (Nugroho, 1983). Agregat yang dipakai campuran beton dibedakan menjadi dua jenis yaitu agregat halus dan agregat kasar.

Air merupakan bahan pembuat beton yang sangat penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga terjadi reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya proses pengerasan pada beton, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air hanya diperlukan \pm 25% dari berat semen saja. Selain itu, air juga digunakan untuk perawatan beton dengan cara pembasahan setelah dicor (Tjokrodinuljo, 1996).



Gambar 1. Botol PET



Gambar 2. Cacahan botol plastik PET

Menurut Wild *et al* (1996), menyatakan bahwa untuk mencapai *workability* yang baik dari beton, penggunaan dosis dari *superplasticizer* harus ditingkatkan apabila penggunaan *silika fume*

sebagai bahan pengganti sebagian semen ditingkatkan dari 5% sampai 30% pada beton dengan rasio air dan binder sebesar 0,45. Zhang dan Malhotra (1995), menyatakan bahwa beton dengan memasukkan 10%

silika fume membutuhkan *superplasticizer* yang lebih banyak dan air *entraining admixture* untuk mendapatkan nilai slump yang sama banyaknya pada penggunaan *superplasticizer* untuk beton dengan penambahan *silika fume*.

Pembuatan Beton Segar Dengan Metode American Concrete (ACI)

Metode American Concrete Institute (ACI) mensyaratkan suatu campuran perancangan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonomisnya dengan memperhatikan ketersediaan bahan-bahan di lapangan, kemudahan pekerjaan, serta keawetan dan kekuatan pekerjaan beton. Cara ACI melihat bahwa dengan ukuran agregat tertentu, jumlah air perkubik akan menentukan tingkat konsistensi dari campuran beton yang pada akhirnya akan mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan (*workability*). (Mulyono. T 2004)

Perawatan (*curing*) beton segar

Perawatan beton bertujuan untuk memelihara beton dalam kondisi tertentu pasca pembukaan bekisting (*demoulding of form work*) agar optimasi kekuatan beton dapat dicapai mendekati kekuatan yang telah direncanakan. Perawatan ini berupa pencegahan atau mengurangi kehilangan/penguapan air dalam beton yang ternyata masih diperlukan untuk kelanjutan proses hidrasi. Bila terjadi kekurangan/kehilangan air maka proses hidrasi akan terganggu/terhenti dan dapat mengakibatkan terjadinya penurunan

perkembangan kekukatan beton, terutama penurunan kuat tekan (Lubis, 1986)

Pengujian beton keras

Pengujian beton keras dilakukan setelah masa perawatan benda uji. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm. dalam pengujian beton keras biasanya dilakukan pengujian sifat-sifat dari beton keras tersebut.

Kuat Tekan Beton

Untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah mengeras yang disyaratkan, dilakukan pengujian kuat tekan beton. Prosedur pengujian kuat tekan mengacu pada *Standart Test methode for Compressive of Cylindrical Concrete*.

Kuat tekan beton antara lain tergantung pada : faktor air semen, gradasi batuan, bentuk batuan, ukuran maksimum batuan, cara pengerjaan (campuran, pengangkutan, pemadatan dan perawatan) dan umur beton (Tjokrodinuljo, 1996).

Menurut Murdock dan K.M. Brook (1991), beton dapat mencapai kuat tekan 80 MPa atau lebih, bergantung pada perbandingan air dan semen dan tingkat pematannya. Di samping dipengaruhi oleh perbandingan air dan semen kuat tekan beton juga dipengaruhi oleh faktor lainnya, yaitu: jenis semen, kualitas agregat, efisiensi perawatan, umur beton dan jenis bahan *admixture*.

Kuat tekan beton yaitu perbandingan beban terhadap luas

penampang beton. Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan setelah benda uji dirawat di Laboratorium. Tegangan beton didapat dari masing-masing pembacaan beban (*deflection dial*). Menurut Musbar (2003), besarnya tegangan dapat dihitung dengan persamaan:

1. Rumus dasar:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

Kuat tekan rata-rata ($f'c_R$):

$$f'c_R = \frac{f'c}{n} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

2. Standar deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n=8} (B - C)^2}{n - 1}}$$

3. Co. varian

$$Cv = C_v = \frac{Sd}{x} \times 100\%$$

4. Kuat tekan karakteristik

$$F'c = f'c_R - k \cdot sd \text{ (Mpa)}$$

Dimana:

σ = Tegangan yang timbul (kg/cm^2);

P = Beban maksimum (kg);

A = Luas penampang benda uji (cm^2);

k = 1.64 (konstanta).

n = Jumlah benda uji.

$f'c$ = Kuat tekan rencana (22.5 Mpa);

$f'c_R$ = Kuat tekan rata-rata (kg/cm^2);

sd = Standar deviasi (kg/cm^2);

Cv = Koefisien ragam samp

x = Kuat tekan rata-rata (kg/cm^2).

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode Eksperimental. Maksud dari penelitian di laboratorium ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh kuat tekan beton antara beton normal dengan beton yang digantikan sebagian material dengan *polyethylene terephthalate* (PET) yang kemudian ditambahkan dengan *silika fume*. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui mutu material yang akan digunakan dalam perencanaan material campuran beton (*mix design*).

Proses Penelitian

Adapun proses penelitian yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini:

1. Studi literatur

Dalam studi literal ini penulis lakukan adalah mengumpulkan serta mempelajari pustaka/literal yang berkaitan dengan topik dan maksud penelitian.

2. Pengujian laboratorium

Pengujian laboratorium yaitu dengan melakukan pengujian sifat fisis terhadap agregat yang dipakai, dilanjutkan dengan *mix design*, kemudian melakukan pembuatan benda uji. Setelah pembuatan benda uji dilanjutkan dengan perawatan dengan rendaman (*curing*) dan baru dilakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji.

Persiapan Bahan-Bahan Campuran Beton

Sebelum membuat campuran beton, terlebih dahulu mempersiapkan bahan-bahan yang

akan digunakan dalam proses pembuatan beton. Mekanisme pencampuran botol PET adalah sebagai berikut:

- a. Botol plastik dibersihkan terlebih dahulu dari sisa-sisa ataupun kandungan lainnya dengan menggunakan air bersih.
- b. Kemudian leher botol plastik dipotong, dan plastik merek dari botol plastik tersebut juga turut dibuang.
- c. Botol plastik tersebut kemudian dimasukkan kedalam mesin pencacah. Mesin dinyalakan dan potongan botol plastik yang telah dimasukkan tadi akan menjadi bentuk cacahan dengan beragam ukuran.
- d. Cacahan botol plastik tersebut selanjutnya dicuci kembali hingga bersih.
- e. Setelah cacahan botol PET yang telah dicuci mengering,

maka bahan pengganti PET yang berupa cacahan tersebut siap untuk digunakan dalam campuran beton sebagai bahan pengganti untuk beton ringan.

- f. Proses pencampurannya adalah dengan mensubstitusi dari nilai volume pada agregat kasar dengan kadar campuran 25%, 50%, dan 75%.
- g. Botol PET yang telah disubstitusi tersebut ditimbang terlebih dahulu beratnya untuk kelengkapan data.
- h. Langkah terakhir adalah dengan menambahkan *silika fume* pada campuran beton tersebut sebesar 5% dari berat semen.

Jenis dan Sumber bahan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Jenis dan Sumber Material

| No | Bahan Campuran | Tipe | Sumber |
|----|---|----------------------|-------------------------|
| 1 | Semen | I | Semen Andalas Indonesia |
| 2 | Agregat Halus | Pasir | Krueng Peusangan |
| 3 | Agregat Kasar | Kerikil | Krueng Peusangan |
| 4 | <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET) | Limbah Botol Plastik | Kabupaten Bireuen |
| 5 | <i>Silika fume</i> | | PT. SIKa |
| 6 | Air | Standar Air Minum | Aquades |

Pemeriksaan Bahan-Bahan Campuran Beton

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengevaluasi bahan-bahan campuran beton. Pemeriksaan ini

berdasarkan metode ACI dan beberapa referensi lainnya. Adapun materi penelitian yang dilakukan meliputi:

1. Pengujian sifat-sifat fisis agregat halus dan kasar yang meliputi :
 - a. Pengujian kandungan air agregat (*moisture content*);
 - b. Berat jenis dan penyerapan air agregat;
 - c. Berat volume agregat (*bulk density*);
 - d. Analisa Saringan (*sieve analysis*);
 - e. Pemeriksaan kadar lumpur agregat;
 - f. Pengujian sifat-sifat fisis agregat halus dan kasar ;
2. Pengujian penentuan beton
 - a. Perencanaan campuran beton (*mix design*);
 - b. Pengujian slump beton segar (*slump test*);
 - c. Pengujian bobot isi;
 - d. Perendaman (*curing*);
 - e. Pengujian kuat tekan;

Perencanaan Komposisi Campuran

Komposisi sampel beton yang digantikan *polyethylene terephthalate* (PET) ada 3 macam, yaitu 25%, 50% dan 75% dari volume agregat halus yang digunakan pada beton normal, masing-masing sebanyak 4 buah sampel. *Polyethylene terephthalate* (PET) yang digunakan berasal dari pabrik pengolahan limbah yang ada di Kabupaten Bireuen. Perencanaan sampel ada pada tabel 2.

Tabel 2. Penggunaan Benda Uji.

| No | Kadar Campuran | Jumlah Benda Uji |
|-----------------|--|------------------|
| 1 | Beton Normal | 4 |
| 2 | Substitusi 25% + <i>Silika fume</i> 5% | 4 |
| 3 | Substitusi 50% + <i>Silika fume</i> 5% | 4 |
| 4 | Substitusi 75% + <i>Silika fume</i> 5% | 4 |
| Total Benda Uji | | 16 |

Pembuatan dan Pengujian Benda Uji

Pada proses pengecoran untuk pembuatan benda uji kubus dengan sisi 15 x 15 x 15 cm. Jumlah benda uji untuk semua adalah 16 (enam belas) buah. Mixer yang digunakan adalah *mixer* listrik dengan kapasitas 0,005 m³.

Sebelum pengadukan dimulai, semua material sudah ditimbang beratnya sesuai dengan proporsi campuran beton (*mix design*). Persiapan selanjutnya adalah membersihkan cetakan-cetakan

kubus, memberikan oli pada permukaan dalam cetakan yang bertujuan untuk memudahkan pada saat pembukaan cetakan benda uji. *Mixer* dan wadah mortal dibersihkan, alat-alat pengukur slump harus dalam keadaan baik dan bersih.

Pelaksanaan dan pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji dilakukan pada tiap komposisi dilaksanakan dalam 4 (empat) kali pengadukan, hal ini disebabkan untuk 1 (satu) kali pengadukan jumlah benda uji 5

(lima) buah, mengingat kapasitas *mixer* 0,005 m³.

Metode pelaksanaan pembuatan benda uji:

1. Agregat halus dimasukkan terlebih dahulu ke dalam *mixer*, kemudian masukkan semen;
2. *Pan mixer* diputar $\pm 1,5$ menit, sambil memasukkan agregat kasar sedikit demi sedikit hingga habis;
3. Terhadap limbah botol plastik yang telah telah dihayak dengan tertahan pada saringan 9,52 mm, dilakukan pengukuran kadar dengan menggunakan *picnometer* dikarenakan substitusinya terhadap volume agregat;
4. Masukkan limbah botol plastik tersebut sedikit demi sedikit;
5. Kemudian masukkan silika fume;
6. Memasukkan $\frac{3}{4}$ dari jumlah air kedalam *mixer*;
7. *Pan mixer* dimatikan untuk melihat adukan yang menempel pada alur di dalamnya. Kalau ada yang menempel tusukkan dengan sendok spasi/besi supaya tercampur dengan homogen;
8. *Pan mixer* diputar kembali sambil memasukkan sisa air pengaduk sampai tercampur terlihat homogen;
9. Setelah melihat homogen kemudian lakukan pengujian *slump test* sampai didapat nilai *slump* yang direncanakan;
10. Beton segar tersebut dimasukkan ke dalam kubus untuk menguji bobot isi;
11. Kemudian beton segar tersebut dimasukkan ke dalam cetakan yang sudah disiapkan;
12. Kemudian dipadatkan dengan cara menusuk, yaitu dengan cara menusuk-nusuk batang besi ke dalam adukan yang sudah dimasukkan ke dalam cetakan beton dan dipukul-pukul dengan menggunakan palu karet;
13. Cetakan dibiarkan selama ± 24 jam;
14. Setelah beton mencapai 24 jam dalam cetakan, kemudian langsung dibuka dan dibawa ketempat perendaman dengan waktu rendaman 28 hari;
15. Setelah mencapai umur rendaman selama 28 hari beton tersebut siap untuk diuji kuat tekannya.

Pengujian beton segar

Pengujian slump

Pengujian slump dilakukan dengan menggunakan kerucut abrams, pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat workability (kemudahan dalam pengerjaan) dari campuran beton yang telah dibuat. Metode pelaksanaan pengujian slump dengan kerucut abrams, yaitu:

1. Plat dan cetakan kerucut abrams dibasahi dengan kain basah;
2. Cetakan kerucut abrams diletakkan di atas plat slump;
3. Adukan beton dimasukkan ke dalam cetakan 3 (tiga) lapis. Masing-masing adukan ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali;
4. Permukaan diratakan dengan ruskam;

5. Cetakan diangkat perlahan-lahan, dalam pengangkatan posisi cetakan harus dijaga dalam keadaan vertikal;
6. Ukuran penurunan dari adukan beton, pengukuran dilakukan pada titik tetinggi, yang sedang dan yang rendah, kemudian hitung rata-ratanya;

Pengujian bobot isi

Pengujian bobot isi ini harus dilakukan dengan segera mungkin setelah selesai pengadukan campuran beton segar dianggap mewakili. Metode pelaksanaan bobot isi adalah:

1. Berat kubus yang akan digunakan ditimbang dan ukur volumenya
2. Adukan dimasukkan ke dalam takaran, kemudian tusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 15 kali;
3. Seluruh adukan yang menempel pada kubus dibersihkan, kemudian langsung ditimbang;
4. Dan hitung berat isi tersebut;

Perawatan benda uji (*curing*)

Benda uji dibiarkan dalam cetakan kubus selama 1 hari (24 jam), setelah dibuka dari cetakan benda uji langsung dibawa ke tempat perawatan/rendaman. Dalam perawatan (*curing*) benda uji direndam dengan air normal, benda

uji diletakkan dalam genangan air atau direndam sesuai dengan umur yang telah ditentukan yaitu selama 28 hari.

Pengujian beton keras

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah perawatan beton mencapai umur 28 hari. Metode pelaksanaan pengujian kuat tekan yaitu:

1. Benda uji yang diambil sudah direndam sesuai dengan umur rendaman, permukaan benda uji dikeringkan;
2. Benda uji ditimbang untuk mendapatkan data berat kubus beton dalam keadaan kering;
3. Benda uji tersebut diletakkan pada mesin penekan secara vertikal;
4. Mesin uji dijalankan dengan tekanan yang konstant sampai benda uji tidak kuat lagi menahan tekanan dan terjadi retak atau hancur.
5. Kemudian penulis catat hasil kuat tekan yang ditunjukkan jarum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berat jenis dan absorpsi

Hasil pengukuran dan perhitungan berat jenis serta absorpsi agregat diperlihatkan pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Berat Jenis dan Absorpsi Agregat

| No | Jenis Agregat | Sg (ssd) (gr/cm ³) | Sg (od) (gr/cm ³) | Absorpsi (%) |
|----|--------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------|
| 1 | Kerikil | 2,540 | 2.477 | 2,109 |
| 2 | Pasir Kasar | 2,598 | 2,554 | 1,729 |
| 3 | Pasir Halus | 2,565 | 2,480 | 3,444 |
| 4 | <i>Silika fume</i> | 2,337 | 2,182 | 7,170 |

Berat volume agregat

Hasil pemeriksaan ketiga jenis agregat selengkapnya diperlihatkan

pada tabel. Nilai rata-rata berat volume untuk masing-masing jenis agregat disajikan pada tabel 4 di bawah ini.

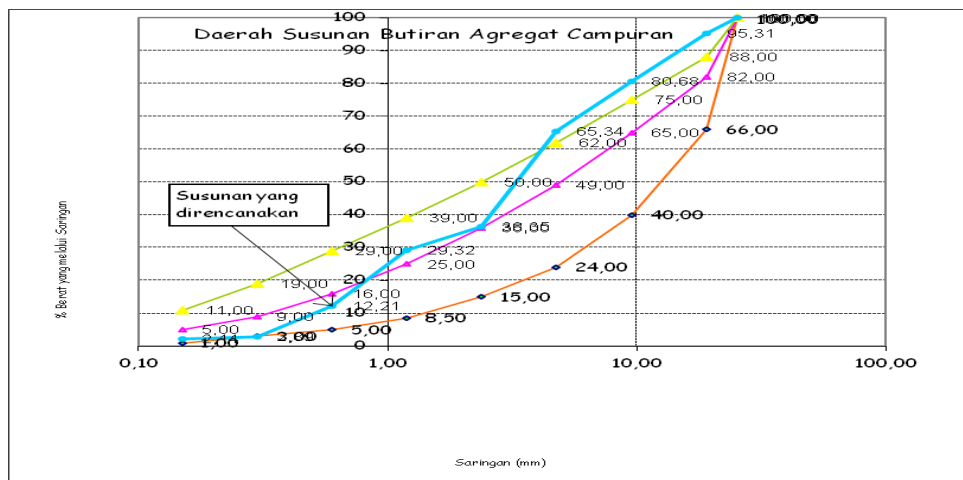
Tabel 4. Berat Volume Agregat

| No. | Jenis Agregat | Berat Volume (kg/liter) |
|-----|---------------|-------------------------|
| 1 | Kerikil | 1,711 |
| 2 | Pasir Kasar | 1.668 |
| 3 | Pasir Halus | 1.602 |

Ketiga jenis agregat ini dapat digunakan sebagai material beton sesuai dengan Orchard (1979), menyatakan bahwa berat volume agregat yang baik harus lebih besar dari pada 1,445 kg/ltr.

Susunan butiran agregat

Dari hasil pemeriksaan dilaboratorium terhadap susunan butiran (analisa saringan) agregat campur maka nilai *finnes modulus* didapat sebesar 4,758%. Dari perhitungan analisa gradasi campur maka diperoleh grafik kurva S. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini.



Gambar 3. Grafik *Finnes Modulus Agregat*

Hasil pengujian *slump test*

Nilai *slump* rata-rata yang didapat pada saat penelitian dilakukan adalah bervariasi tergantung dari campuran dengan umur 28 hari, masing-masing nilai *slump*-nya adalah sebagai berikut :

Beton Normal nilai *slump* yang dihasilkan 7,3 cm.

- Beton substitusi 25%+ *silika fume* 5% nilai *slump* yang dihasilkan 8,4 cm.
- Beton substitusi 50%+ *silika fume* 5% nilai *slump* yang dihasilkan 9,1cm.

- Beton substitusi 75%+ *silika fume* 5% nilai *slump* yang dihasilkan 9,7 cm.

Kandungan bahan organik

Dari hasil pemeriksaan terhadap kandungan bahan organik agregat halus dan agregat kasar tidak dilakukan perhitungan. Disini hanya dilakukan pemeriksaan terhadap perubahan warna dengan larutan natrium hidroksida (3%) dan pengujian menunjukkan bahwa warna larutan yang didapat warna kuning muda keputih - putihan.

Pengujian Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Kuat Tekan Beton

| No | Jenis Benda Uji | Umur Beton | Hasil Tes (kg/cm ²) | % | Ket. |
|----|---------------------------------------|------------|---------------------------------|-----|-------|
| 1. | Beton Normal | 28 hari | 218,31 | - | - |
| 2. | Beton Substitusi 25% + Silika Fume 5% | 28 hari | 164,99 | 24% | Turun |
| 3. | Beton Substitusi 50% + Silika Fume 5% | 28 hari | 138,50 | 37% | Turun |
| 4. | Beton Substitusi 75% + Silika Fume 5% | 28 hari | 111,31 | 49% | Turun |

Berat Beton

Berat jenis beton masing-masing campuran adalah seperti terlihat pada tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6 Berat Jenis

| Jenis Beton | Berat | Berat Jenis |
|---------------------------------------|-------|-------------------|
| | Kg | Kg/m ³ |
| Beton Normal | 7,75 | 2296 |
| Beton Substitusi 25% + silika fume 5% | 7,50 | 2222 |
| Beton Substitusi 50% + silika fume 5% | 7,43 | 2201 |
| Beton Substitusi 75% + silika fume 5% | 7,24 | 2145 |

Kadar air agregat

Kadar air yang diperoleh dari hasil penelitian berdasarkan agregat kering oven dan agregat dalam keadaan SSD. Beton yang menggunakan agregat kasar memerlukan kandungan air campuran lebih sedikit dibandingkan dengan menggunakan agregat yang lebih halus untuk mencapai workabilitas yang sama. Persentase dari kadar air agregat yang diperoleh tersebut bertujuan untuk menentukan banyaknya air pada saat pengadukan campuran beton.

Berat jenis dan penyerapan agregat

Berat jenis agregat yang diperoleh dari hasil penelitian berdasarkan agregat kering oven dan agregat dalam keadaan SSD, sehingga menjadi parameter yang digunakan untuk menentukan bobot isi beton. Adanya pori atau rongga dalam agregat sangat erat hubungannya dengan berat jenis dan daya resapan agregat tersebut. Hasil yang diperoleh sesuai dengan yang diperbolehkan sehingga dapat menentukan langsung banyaknya agregat dalam campuran beton.

Semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka semakin kecil daya serap air agregat.

Berat volume agregat

Berat volume agregat yang merupakan perbandingan antara berat agregat kering dengan volume yang ditempatinya. Dari hasil penelitian berat volume yang diperoleh sudah sesuai dengan yang diizinkan, sehingga dapat memudahkan perhitungan campuran beton bila dilakukan penimbangan agregat dengan ukuran volume yang ditempati.

Analisa saringan

Analisa gradasi juga dapat diketahui modulus kehalusan butir (*Finnes Modulus*). Nilai modulus kehalusan dapat diperoleh dari jumlah komulatif persentase yang tertahan dalam suatu susunan saringan dibagi 100. Semakin besar *finnes modulus* menunjukkan semakin kasar suatu agregat. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh analisa gradasi agregat campuran termasuk ke dalam kelompok pasir agak kasar. Sehingga dapat menjadi ukuran untuk pemeriksaan perencanaan campuran agregat untuk beton.

Kadar lumpur

Kadar lumpur yang diperoleh dari hasil penelitian masih di bawah batas maksimum yang diizinkan. Apabila kadar lumpur dalam agregat tinggi akan menyebabkan kurang sempurna ikatan antara pasta semen dengan agregat. Sehingga berkurang kekuatan dan berat isi beton, terkelupas dan luntur warna beton, tidak kuat terhadap serangan karat, memperlambat hidrasi semen.

Kadar organik

Dalam pemeriksaan kadar organik agregat tidak dilakukan perhitungan. Disini hanya dilakukan pemeriksaan terhadap perubahan warna, dari hasil pengujian kadar organik halus dengan larutan natrium hidroksida (3%) maka hasil yang didapat menunjukkan warna larutan kuning keputih-putihan. Hal ini menandakan agregat halus bebas dari bahan organik, maka untuk campuran beton sangat baik digunakan.

Perencanaan campuran Beton (*mix design*)

Tabel Perencanaan *Mix Design* 5 buah benda uji dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Perencanaan *Mix Design* benda uji

| PEN CAMPURAN DI LAB. Untuk beton normal kubus | | K-225 FAS 0,6 | | |
|--|--------|---------------------------------------|--------|-----|
| MATERIAL | | JUMLAH BENDA UJI kubus 15x15x15 cm | | |
| Volume 1 benda uji | 0,0034 | 1 | 5 | stn |
| - Air | | 0,639 | 3,196 | Kg |
| - Semen | | 1,083 | 5,417 | Kg |
| - Agregat Kasar (<i>Coarse Aggregate</i>) | | 4,291 | 21,456 | Kg |
| - Pasir Halus (<i>Fine Sand</i>) | | 1,032 | 5,161 | Kg |
| - Pasir Kasar (<i>Coarse Sand</i>) | | 0,785 | 3,924 | kg |

Kuat tekan beton

Hasil penelitian pada beton umur 28 hari yang telah dilakukan di laboratorium maka diperoleh kuat tekan karakteristik (σ'_{bk}) beton normal adalah 218,31 kg/cm², beton yang di substitusikan volume kerikil menggunakan botol PET 25% dan penambahan *silika fume* 5% kuat tekan karakteristik (σ'_{bk}) adalah 164,99 kg/cm² atau turun 24% dari beton normal, beton yang di substitusikan volume kerikil menggunakan botol PET 50% dan penambahan *silika fume* 5% kuat tekan karakteristik (σ'_{bk}) adalah 138,50 kg/cm² atau turun sebesar 37% jika dibandingkan dengan beton normal, dan beton yang di substitusikan volume kerikil menggunakan botol PET 75% dan penambahan *silika fume* 5% kuat tekan karakteristik (σ'_{bk}) adalah 111,31 kg/cm² atau turun sebesar 49% dari beton normal. Penurunan kuat tekan pada beton campuran botol PET yang ditambahkan *silika fume* ini terjadi dikarenakan adanya agregat untuk campuran beton normal telah disubstitusi dengan botol PET. Dengan kadar substitusi 25%, 50%, dan 75% dari sebagian

agregat membuat kuat tekan turun seperti hasil yang didapat dalam penelitian.

Berat Beton

Dari setiap jeni beton yang telah disubstitusi kita dapat melihat berat beton yang berbeda, antar lain sebagai berikut:

1. Beton Normal; Berat rata-rata dari beton normal didapatkan adalah 7,75 Kg dengan berat jenis 2296 Kg/m³. Belum termasuk beton ringan.
2. Beton Substitusi 25% Botol PET + *silika fume* 5%; Berat rata-rata dari beton substitusi 25% Botol PET + *silika fume* 5% didapatkan adalah 7,5 Kg dengan berat jenis 2222 Kg/m³.
3. Beton Substitusi 50% botol PET + *silika fume* 5%; Berat

rata-rata dari beton substitusi 50% botol PET + *silika fume* 5% didapatkan adalah 7,43 Kg dengan berat jenis 2201 Kg/m.

4. Beton Substitusi 75% botol PET + *silika fume* 5%.; Berat rata-rata dari Beton Substitusi 75% botol PET + *silika fume* 5% didapatkan adalah 7,24 Kg dengan berat jenis 2145 Kg/m³. Beton ini belum termasuk kategori beton ringan. Hal ini dikarenakan botol PET pada saat campuran yang dilakukan dari segi volume agregat dan pada saat proses pencampuran dengan perhitungan volume yang menggunakan picnometer limbah botol PET nya tidak dipadatkan. Dan dari segi lain pada saat dilakukan pengadukan campuran beton di dalam molen rongga yang ditimbulkan oleh limbah PET tersebut terisi material yang ada. Hal lain yang mengakibatkan berat betoon campuran ini tidak termasuk ke dalam katgori beton

ringan adalah dengan adanya penambahan *silika fume* yang fungsinya adalah meningkatkan kuat tekan beton dan beban beton.

SIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Kuat tekan beton normal lebih besar dari pada kuat tekan beton yang disubstitusikan dengan limbah botol PET dengan berbagai variasi.
2. Beton yang telah disubstitusikan dengan limbah botol PET dan penambahan *silika fume* sebesar 5% pada setiap variasi substitusinya memiliki kuat tekan yang berbeda pula. Untuk beton substitusi limbah botol PET 25% + *silika fume* 5% kuat tekannya turun sebesar 24% dari beton normal. Untuk beton substitusi limbah botol PET 50% + *silika fume* 5% kuat tekannya turun sebesar 26% dari beton normal. Untuk beton substitusi limbah botol PET 75% + *silika fume* 5% kuat tekannya turun sebesar 49% dari beton normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Chu- Kia Wang dan Salmon. Charles G. 1994. *Disain Beton Bertulang*. Jilid 1. Edisi Keempat. Terjemahan

- Binsar Hariandja. Jakarta: Erlangga.
- Dipohusodo Istimawan. 1999. *Sruktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gunawan, Margaret. 2000. *Konstruksi Beton I*. Jakarta: Delta Teknik Group.
- Hanafiah. A, 1997, *Merencanakan Komposisi Campuran Beton Struktural*, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- McCormac, Jack C. 2003. *Desain Beton Bertulang*. Jilid 1. Edisi Kelima. Jakarta: Erlangga.
- Mukhlis. *Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen 0,6*. Tugas Akhir Politeknik Negeri Lhokseumawe 2008.
- Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Yogyakarta.
- Murdock, L.J. 1999. *Bahan dan Praktek Beton*. Ciracas.
- Nawi, Edward G. 1998. *Beton Bertulang*. Terjemahan Bambang Suryoadmono. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Sagel, R. 1994. *Pedoman Pengerjaan*
- Melliza Santi. *Pengaruh Panjang Serat Limbah Botol Plastik (PET) Seabagai Campuran Beton Terhadap Kuat Tarik Belah Beton*. Tugas Akhir Universitas Almuslim Bireuen 2013.