

KARAKTERISTIK BETON DENGAN AGREGAT KASAR PELLETT POLYPROPYLENE DAN VARIASI AGREGAT HALUS

Nur Aisyah Jalali¹ dan Hasmar Halim²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang

ABSTRACT

This research aimed to determine weight-volume, compressive strength, and split tensile strength of concrete due to the use of plastic pellets (polypropylene) as a coarse aggregate and stone ash as a partial/a whole replacement sand needs to utilize plastic waste and stone ash which is a waste of stone-crushing machine. The test specimen was made of a mixture of cement, sand, coarse aggregate of plastic pellets and water. The design of concrete mix by Indonesian National Standard (SNI) with normal concrete compressive strength of 10 MPa was planned. Variations of the specimen lied on the mixture of stone ash and sand, respectively for 0% and 100%, 25% and 75%, 50% and 50%, 75% and 25%, and 100% and 0%. The object of the research was a cylinder diameter of 100 mm and height of 200 mm for testing of weight-volume and compressive strength, and a cylinder diameter of 150 mm and height of 300 mm for testing of split tensile strength. The results of the research showed that the higher level volume of stone ash in concrete, the higher weight-volume and compressive strength. It was increased in split tensile strength of the concrete levels of 0% to 50% stone ash, and it was decreased in levels of 75% and 100% stone ash. The results of weight-volume testing showed that all variations of concrete were classified as lightweight concrete because it had weight-volume of less than 1850 kg/m³ (Balitbang Kimpraswil, 2003b). Neville and Brooks (1987) also classified the concrete as lightweight concrete because it had weight-volume evenly less than 1800 kg/m³ and 1900 kg/m³. The results of compressive strength testing showed that concrete with stone ash content 0-75% were classified as very lightweight structure because it had compressive strength of less than 6.89 MPa, while levels of 100% were categorized as very lightweight structure with compressive strength from 6.89 to 17.24 MPa (Balitbang Kimpraswil, 2003b). According to Neville and Brooks (1987), concrete with stone ash content 0-75% were classified as lightweight concrete for heat resistant (compressive strength of 0.7 to 7 MPa), while levels of 100% were categorized as lightweight concrete for masonry (compressive strength of 7-14 MPa).

Keywords: Polypropylene (PP), stone ash, compressive strength, split tensile strength, lightweight concrete

PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari, kita tidak terlepas dari sampah. Meski selalu menghasilkan sampah, manusia sangat menghindari sampah. Sampah terdiri dari sampah organik, dan sampah an organik, misalnya tekstil, kertas, logam, gelas/beling, plastik, dan sebagainya. Pembangunan infrastruktur yang semakin pesat membutuhkan inovasi dalam bidang teknologi, termasuk material bangunan. Sementara di sisi lain, kehidupan setiap orang tidak dapat dipisahkan dari masalah limbah. Limbah dibedakan atas limbah organik maupun an organik, dimana plastik sebagai salah satu limbah an organik jumlahnya semakin meningkat dari tahun ke tahun. Oleh karena itu dibutuhkan keseriusan untuk menangani limbah plastik karena sifatnya yang tidak mudah terurai oleh alam. Namun apabila dibiarkan, dapat menimbulkan masalah lingkungan dalam jangka waktu yang lama. Berdasarkan data dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (1998), tentang komposisi limbah di beberapa kota besar (Tabel 1), plastik memiliki potensi cukup besar dan berada pada urutan ketiga setelah limbah organik dan kertas (As-Syakur, 2007). Persentase berbagai jenis limbah dari tahun 1981 hingga 2002 juga ditunjukkan pada Tabel 2. Pada tahun 2002 limbah plastik diperkirakan mencapai hampir 9% dan berada pada posisi ketiga setelah limbah organik dan kertas (Sucipto, 2012).

Tabel 1 Komposisi limbah di beberapa kota besar (BPPT, 1998;As-Syakur, 2007)

| Jenis Limbah | Komposisi (% berat) | | |
|----------------|---------------------|---------|---------|
| | Semarang | Bandung | Jakarta |
| Limbah organik | 68,75 | 73,25 | 73,92 |
| Limbah kertas | 5,45 | 9,70 | 10,18 |
| Limbah plastik | 14,15 | 8,58 | 7,86 |

| Jenis Limbah | Komposisi (% berat) | | |
|------------------|---------------------|---------|---------|
| | Semarang | Bandung | Jakarta |
| Limbah logam | - | 0,50 | 2,04 |
| Limbah kulit | - | 0,40 | 0,55 |
| Limbah kayu | - | 3,60 | 0,98 |
| Limbah tekstil | - | 0,90 | 1,57 |
| Limbah gelas | 0,16 | 0,43 | 1,75 |
| Limbah lain-lain | 5,97 | 2,64 | 1,22 |

Tabel 2. Perkiraan persentase limbah di Indonesia tahun 1981-2002 (Sucipto, 2012)

| Komponen | Persentase limbah (%) pada tahun | | | | | | | | |
|------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1981 | 1985 | 1989 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
| Limbah organik | 79,49 | 73,97 | 79,37 | 74,6 | 75,38 | 75,18 | 74,99 | 74,60 | 74,22 |
| Limbah kertas | 7,97 | 8,28 | 8,57 | 10,18 | 10,50 | 10,71 | 10,93 | 11,15 | 1,37 |
| Limbah kayu | 3,65 | 3,94 | 0,75 | 0,98 | 0,39 | 0,20 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Limbah tekstil | 2,4 | 3,05 | 0,79 | 1,57 | 1,20 | 1,13 | 1,06 | 1,00 | 0,93 |
| Limbah karet | 0,47 | 0,52 | 0,33 | 0,55 | 0,41 | 0,39 | 0,37 | 0,35 | 0,33 |
| Limbah plastik | 3,67 | 5,64 | 6,51 | 7,86 | 8,11 | 8,30 | 8,50 | 8,69 | 8,88 |
| Limbah logam | 1,37 | 2,04 | 1,45 | 2,04 | 1,89 | 1,89 | 1,90 | 1,90 | 1,90 |
| Limbah gelas | 0,5 | 1,55 | 1,57 | 1,75 | 1,93 | 1,99 | 2,05 | 2,10 | 2,16 |
| Limbah baterai | 0,48 | 0,97 | 0,48 | 0,29 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Limbah lain-lain | - | - | 0,16 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 |
| Jumlah | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Hasil sampingan dari industri pemecahan batu yang disebut abu batu jumlahnya tidak sedikit. Padahal saat ini abu batu tidak terlalu laku untuk dijual karena pemakaiannya dalam industri konstruksi semakin sedikit karena konstruksi perkerasan jalan dengan Lapen umumnya sudah beralih ke lapisan aspal beton. Penaburan lapis atas dengan menggunakan abu batu pada perkerasan Lapen sudah banyak diganti dengan pasir, sehingga abu batu pada *stone crusher* menjadi bahan limbah yang harus ditangani secara serius (Sutarno, tanpa tahun).

Oleh karena itu pemanfaatan limbah plastik merupakan upaya menekan pembuangan plastik seminimal mungkin, dan dalam batas tertentu dapat menghemat sumber daya, sedangkan pemanfaatan abu batu merupakan salah satu upaya menangani masalah pada industri *stone crusher*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berat volume, kuat tekan, dan kuat tarik beton akibat penggunaan *pellet* plastik dengan variasi abu batu dan pasir, serta untuk mengetahui klasifikasi beton dalam berbagai campuran *pellet* plastik dengan variasi abu batu dan pasir.

LANDASAN TEORI

Beton

Beton merupakan komponen utama pada suatu struktur bangunan selain baja, kayu, dan bambu. Samekto (2001) mendefinisikan beton sebagai campuran dari agregat halus dan kasar (pasir, kerikil), air beserta semen yang disatukan dalam perbandingan tertentu. Mulyono (2005) berpendapat bahwa beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*Portland Cement*), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*).

Beton Ringan

Salah satu penelitian yang cukup berkembang untuk memodifikasi beton adalah penelitian tentang cara mendapatkan beton yang cukup kuat namun ringan yang lazim disebut beton ringan. Agregat yang digunakan untuk membuat beton ringan adalah agregat ringan atau dengan kata lain beton ringan adalah beton yang umumnya dihasilkan oleh agregat ringan (Mulyono, 2005). Tjokrodimuljo (2007) berpendapat bahwa beton disebut sebagai beton ringan apabila beratnya kurang dari 1800 kg/m³.

Tabel 3 Jenis konstruksi beton ringan berdasarkan kuat tekan, berat isi dan agregat penyusunnya (Balitbang Kimpraswil, 2003b)

| Konstruksi beton ringan | Beton ringan | | Jenis agregat ringan |
|-------------------------------------------|------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Kuat tekan (MPa) | Berat isi (kg/m ³) | |
| Struktural | | | |
| - Minimum | 17,24 | 1400 | agregat yang dibuat melalui proses pemanasan dan batu serpih, batu lempung, batu sabak, terak besi atau abu terbang |
| - Maksimum | 41,36 | 1850 | |
| Struktural ringan | | | |
| - Minimum | 6,89 | 800 | agregat ringan alam seperti <i>scoria</i> atau batu apung |
| - Maksimum | 17,24 | 1400 | |
| Struktural sangat ringan, sebagai Isolasi | - | 800 | <i>permit</i> atau <i>vermikulit</i> |
| - Maksimum | | | |

Tabel 4. Jenis beton ringan berdasarkan berat isi dan kuat tekannya (Neville dan Brooks, 1987)

| Jenis beton ringan | Berat isi (kg/m ³) | Kuat tekan (MPa) |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------|
| Beton ringan struktural (<i>structural lightweight concretes</i>) | 1400–1800 | > 17 |
| Beton ringan untuk pemasangan batu (<i>masonry concretes</i>) | 800–1400 | 7–14 |
| Beton ringan penahan panas (<i>insulating concretes</i>) | < 800 | 0,7–7 |

Menurut Balitbang Kimpraswil (2003b) pada Tabel 3, beton ringan yaitu beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alami sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m³ kering udara dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan struktural. Batasan beton ringan menurut Neville dan Brooks (1987) yaitu beton dengan berat jenis di bawah 1800 kg/m³ (Tabel 4).

Limbah Plastik

Polypropylene atau *polypropene* (PP) merupakan jenis termoplastik yang dibuat dalam industri kimia. Dalam pemakaiannya, jenis polimer ini banyak digunakan pada industri tekstil, pengepakan, peralatan laboratorium, dan komponen otomotif. Identifikasi kode polimer jenis *polypropylene* dilabelkan dengan angka 5 dan memiliki rumus kimia (C₃H₆)_x. Jenis polimer ini memiliki kepadatan antara 0,855-0,946 kg/cm³ dan titik lebur mencapai 160°C. Material ini tidak dapat menahan radiasi ultra violet dari sinar matahari. Di samping itu *polypropylene* dapat mengalami oksidasi pada suhu tinggi sehingga seringkali menimbulkan masalah pada proses pencetakan (Jalali, 2013).

Abu Batu

Abu batu merupakan bahan hasil sampingan dalam industri pemecahan batu yang jumlahnya tidak sedikit. Saat ini abu batu tidak begitu laku untuk dijual karena pemakaian dalam industri konstruksi sudah sangat sedikit mengingat konstruksi perkerasan jalan dengan Lapen sudah banyak beralih ke lapisan aspal beton. Perkerasan Lapen yang biasanya berupa penaburan lapis atas dengan abu batu sudah banyak diganti dengan pasir, sehingga abu batu pada *stone crusher* menjadi bahan limbah yang harus diupayakan penanganannya.

Abu batu diperoleh dari proses pengolahan pendahuluan agregat alam (batu dan kerikil) sehingga diperoleh ukuran butir yang sesuai dengan ukuran butir menurut spesifikasi agregat untuk bahan campuran beton. Spesifikasi yang dimaksud adalah 4-40 mm untuk agregat kasar yang lazim disebut batu pecah, dan 0,15-4 mm untuk agregat halus yang lazim disebut abu batu. Abu batu dapat berfungsi sebagai bahan pengisi pada campuran beton menggantikan pasir. Abu batu juga dapat berfungsi sebagai bahan perekat karena termasuk kategori *pozzolan* buatan (bahan campuran semen). Kedua hal tersebut kiranya dapat mendukung kekuatan beton yang akan dihasilkan karena dengan gradasi yang baik dan daya rekat abu batu, akan menambah daya rekat semen sehingga dapat meningkatkan kekuatan beton.

Perancangan Campuran

Perancangan campuran adukan beton didasarkan pada Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2002) (Balitbang Kimpraswil, 2003b). Perhitungan kebutuhan bahan disesuaikan dengan dimensi dan jumlah benda uji. Dari hasil rancangan campuran beton, jumlah kebutuhan agregat kasar batu pecah dalam satuan berat (kg) dikonversi ke dalam satuan volume (liter) menggunakan persamaan (1), kemudian volume batu pecah tersebut digantikan oleh *pellet* plastik sebanyak 100% menggunakan Persamaan (2) sehingga diperoleh *pellet* plastik dalam satuan berat (kg).

Volume batu pecah = berat batu pecah / berat satuan batu pecah.....(1)
 Berat plastic = (% *pellet* x volume batu pecah) x berat satuan *pellet*.....(2)

Variasi campuran terletak pada kadar agregat halus yakni pasir dan abu batu, dimana jumlah agregat halus pasir digantikan sebagian atau seluruhnya oleh abu batu. Jumlah pasir dalam satuan berat (kg) dikonversi ke satuan volume (liter) (persamaan 3), kemudian dilakukan variasi kadar abu batu sebesar 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap volume pasir (Persamaan 4).

Volume pasir = berat pasir / berat volume pasir.....(3)
 Volume abu batu = persentase abu batu x volume pasir.....(4)

Besarnya kebutuhan pasir dan abu batu dalam satuan volume (liter) dikonversi kembali dalam satuan berat (kg) berdasarkan berat volume masing-masing bahan menggunakan persamaan (5) dan (6).

Berat pasir = volume pasir x berat volume pasir.....(5)
 Berat abu batu = volume abu batu x berat volume abu batu.....(6)

Pengujian Beton

Pengujian benda uji beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari yang meliputi:

1. Pengujian berat volume beton
 Berat volume adalah rasio antara berat dan volume beton sebelum dilakukan pengujian pada benda uji tersebut. Perhitungan berat volume menggunakan Persamaan (7).

Berat volume beton = $\frac{W}{V}$ (7)

dimana: (1) W: berat benda uji beton, kg; (2) V: volume benda uji beton, m³

2. Pengujian kuat tekan beton (*compressive strength*)

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan atau menggunakan persamaan (8).

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(8)$$

dimana: (1) f'_c : kuat tekan beton, MPa; (2) P : beban maksimum, N; (3) A : luas penampang benda uji, mm²

3. Pengujian kuat tarik-belah (*splitting tensile strength*)

Kuat tarik-belah beton berbentuk silinder adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan dan dapat dihitung menggunakan persamaan (9).

$$f_{ct} = \frac{2.P}{\pi.L.D} \dots\dots\dots(9)$$

dimana: f_{ct} = kuat tarik-belah beton, MPa; P : beban uji maksimum (beban belah/hancur) yang ditunjukkan mesin uji tekan, N; L : panjang benda uji, mm; D : diameter benda uji, mm

METODE PENELITIAN

Alat penelitian

1. Peralatan untuk proses daur ulang sampah plastik PP menjadi *pellet*
2. Peralatan untuk pengujian karakteristik agregat (*pellet* plastik, pasir, dan abu batu)
3. Peralatan untuk pembuatan benda uji
4. Peralatan untuk pengujian beton (mesin uji tekan)

Bahan penelitian

1. Semen Portland tipe PCC merek Tonasa
2. Pasir dari Bili-bili
3. Batu pecah dari Bili-bili
4. *Pellet* plastik yang telah mengalami proses dari sampah hingga menjadi *pellet*, berasal dari pengepul limbah
5. Air yang dapat diminum, berasal dari PDAM

Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian meliputi persiapan material termasuk proses pengolahan limbah plastik PP menjadi *pellet*, pengujian karakteristik agregat sesuai SNI (Balitbang Kimpraswil, 2003a dan 2003c), perancangan campuran adukan beton, pembuatan benda uji dan pengujian beton segar, perawatan selama 28 hari, pengujian benda uji pada umur 28 hari, serta analisa hasil pengujian.

Perancangan campuran adukan beton SNI 03-2834-2002(Balitbang Kimpraswil, 2003b) pada kuat tekan rencana 10 MPa. Kebutuhan bahan dihitung sesuai jumlah benda uji dimana yang digunakan pada penelitian ini adalah silinder berdiameter 15 cm, tinggi 30 cm (untuk berat volume dan uji tarik), serta silinder berdiameter 10 cm, tinggi 20 cm (untuk berat volume dan uji tekan). Variasi campuran ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Variasi campuran beton

| Kode benda uji | Variasi campuran |
|----------------|-------------------------------------------------------|
| BP 0 | PC + 0% abu batu + 100% pasir + <i>pellet</i> plastik |
| BP 25 | PC + 25% abu batu + 75% pasir + <i>pellet</i> plastik |
| BP 50 | PC + 50% abu batu + 50% pasir + <i>pellet</i> plastik |
| BP 75 | PC + 75% abu batu + 40% pasir + |

| Kode benda uji | Variasi campuran |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| BP 100 | <i>pellet</i> plastik PC + 100% abu batu + 0% pasir + <i>pellet</i> plastik |

Pada penelitian ini, agregat kasar batu pecah digantikan seluruhnya oleh *pellet*. Apabila diketahui berat volume batu pecah dan *pellet* sebesar 1,75 dan 0,47 kg/liter, maka dengan menggunakan Persamaan (1) dan (2) diperoleh volume batu pecah sebesar 584 liter dan berat *pellet* 274,48 kg. Jumlah bahan-bahan pencampur untuk satu meter kubik beton (setelah dikoreksi) ditunjukkan pada Tabel 6. Berdasarkan jumlah benda uji yang akan dibuat, maka kebutuhan bahan campuran beton untuk setiap variasi (dalam satuan berat) ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 6. Kebutuhan bahan campuran beton per m³ (setelah dikoreksi)

| Rencana pembuatan beton | | Kebutuhan bahan campuran beton | | | |
|-------------------------|-------------|--------------------------------|------------|---------------|------------|
| Volume | Berat total | Semen | Pasir | <i>Pellet</i> | Air |
| 1 m ³ | 1502,482 kg | 341,67 kg | 679,383 kg | 275,465 kg | 205,964 kg |

Tabel 7. Kebutuhan bahan campuran beton untuk satu variasi campuran (satuan berat)

| Rencana pembuatan beton | | Kebutuhan bahan campuran beton | | | |
|-------------------------|-------------|--------------------------------|-----------|---------------|-----------|
| Volume | Berat total | Semen | Pasir | <i>Pellet</i> | Air |
| 1 adukan | 74,319 kg | 16,900 kg | 33,605 kg | 13,626 kg | 10,188 kg |

Variasi campuran terletak pada kadar agregat halus yakni pasir dan abu batu, dimana jumlah pasir dalam satuan berat (kg) dikonversi ke satuan volume (liter) [Persamaan (3)], kemudian dilakukan variasi kadar abu batu terhadap volume pasir sesuai variasi campuran pada Tabel 5 menggunakan Persamaan (4). Jika diketahui berat volume semen, pasir, dan *pellet* berturut-turut 1,25 kg/liter, 1,76 kg/liter, dan 0,47 kg/liter, maka diperoleh volume semen, pasir, *pellet*, dan air (Tabel 8).

Tabel 8. Kebutuhan bahan campuran beton untuk satu variasi campuran (satuan volume)

| Rencana pembuatan beton | | Kebutuhan bahan campuran beton | | | |
|-------------------------|-------------|--------------------------------|------------|---------------|------------|
| Volume | Berat total | Semen | Pasir | <i>Pellet</i> | Air |
| 1 adukan | 72,231 ltr | 13,520 ltr | 19,094 ltr | 28,991 ltr | 10,626 ltr |

Tabel 9. Kebutuhan pasir dan abu batu untuk semua variasi campuran

| Variasi | Jumlah agregat halus | |
|---------|----------------------|-----------|
| | Pasir | Abu batu |
| BP 0 | 53,171 kg | - |
| BP 25 | 39,878 kg | 11,783 kg |
| BP 50 | 26,587 kg | 23,565 kg |
| BP 75 | 13,293 kg | 35,346 kg |
| BP 100 | - | 47,129 kg |

Apabila telah diperoleh kebutuhan bahan untuk 1 adukan beton dalam satuan volume, maka dilakukan perhitungan variasi kadar abu batu sebagai pengganti pasir di dalam campuran beton sesuai persentasenya masing-masing. Besarnya kebutuhan pasir dan abu batu dalam satuan volume (liter) dikonversi kembali dalam satuan berat (kg) berdasarkan berat volume masing-masing bahan menggunakan Persamaan (5) dan (6). Hasil perhitungan kebutuhan pasir dan abu batu untuk setiap variasi campuran ditunjukkan pada Tabel 9, sedangkan

kebutuhan bahan lainnya adalah sama yakni 16,9 kg semen, 13,626 kg *pellet*, dan 10,188 kg air untuk setiap variasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Berikut ini disajikan hasil pengujian karakteristik agregat dirangkum pada Tabel 10.

Tabel 10. Rangkuman hasil pengujian agregat

| No | Pengujian | Pasir | | Abu batu | | Pellet plastik | |
|----|----------------------------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|
| | | Hasil | Syarat batas | Hasil | Syarat batas | Hasil | Syarat batas |
| 1 | Berat isi (kg/ltr) | 1,76 0 | 1,5-1,8 ^{*)} | 1,55 9 | 1,5-1,8 ^{*)} | 0,47 | ≤ 1,1 ^{****)} |
| 2 | Analisis saringan/penggabungan agregat | zona 2 | | - | | ukuran butir maksimum 40 mm | |
| 3 | Modulus-halus-butir | 3,74 | 1,5-3,8 ^{*)} | 2,63 | 1,5-3,8 ^{*)} | 6,83 | 6-7,1 ^{*)} |
| 5 | Berat jenis SSD | 2,51 | 2,5-2,7 ^{*)} | 3,05 | 2,5-2,7 ^{*)} | 1,364 | 2,5-2,7 ^{*)} |
| 6 | Ketahanan aus | - | - | - | - | 8,78% | 27-40 ^{**)} |
| 8 | Kadar lumpur (%) | 1,29 % | 5% ^{**)} | 12,4 6 | 5% ^{**)} | - | 1% ^{**)} |
| 9 | Kadar organik | no. 2 | < no. 3 | no. 2 | < no. 3 | - | - |

Referensi:

^{*)} Tjokrodimuljo (2007)

^{**)} Balitbang Kimpraswil (2003c)

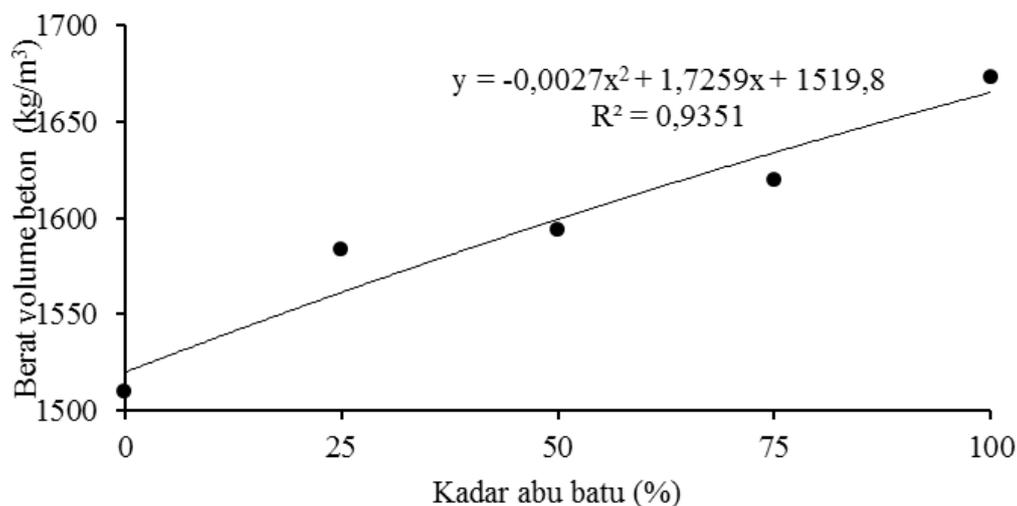
^{****)} Balitbang Kimpraswil (2003b)

Hasil Pengujian Karakteristik Beton

Hasil dari pengujian beton pada umur 28 hari diuraikan sebagai berikut:

1. Berat volume beton

Pengujian berat volume beton dihitung berdasarkan persamaan (7). Hubungan antara penggunaan abu batu sebagai pengganti sebagian dan/atau seluruh pasir di dalam campuran beton dengan berat volume beton rata-rata pada umur 28 hari ditunjukkan pada Gambar 1. Apabila menggunakan regresi polinomial diperoleh persamaan $y = -0,0027x^2 + 1,7259x + 1519,8$ dengan koefisien korelasi $R = 0,9351$.



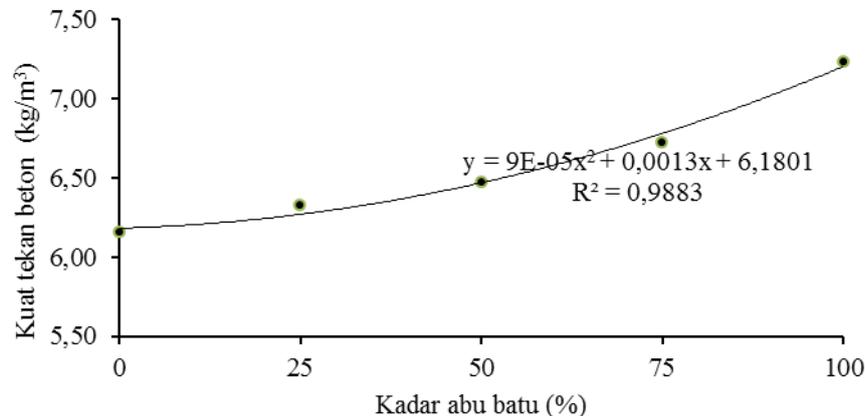
Gambar 1. Hubungan antara kadar abu batu dengan berat volume beton

Dari pengujian berat volume beton, diperoleh hasil rata-rata sebesar 1509,62 kg/m³ untuk beton plastik dengan kadar 0% abu batu dan 100% pasir sedangkan untuk kadar abu

batu 25%, 50%, 75%, dan 100% berturut-turut sebesar 1583,71 kg/m³, 1593,44 kg/m³, 1619,51 kg/m³, dan 1673,57 kg/m³. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan adanya penggunaan abu batu di dalam beton, terjadi peningkatan berat volume beton rata-rata. Jadi semakin tinggi kadar abu batu di dalam campuran beton, maka berat volume beton rata-rata juga semakin tinggi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh butir-butir abu batu yang sangat halus yang mengisi rongga-rongga di dalam beton sehingga betonnya lebih padat.

2. Kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan terhadap benda uji silinder kecil dan dihitung menggunakan Persamaan (8). Karena silinder yang digunakan bukan ukuran standar, maka dilakukan konversi (dikalikan) dengan nilai 0,962. Hubungan antara penggunaan abu batu sebagai pengganti sebagian/dan atau seluruh pasir di dalam campuran beton dengan berat kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari ditunjukkan pada Gambar 2. Dengan regresi polinomial, diperoleh persamaan $y = 9e-05 x^2 + 0,0013 x + 6,1801$ dan koefisien korelasi $R = 0,9883$.



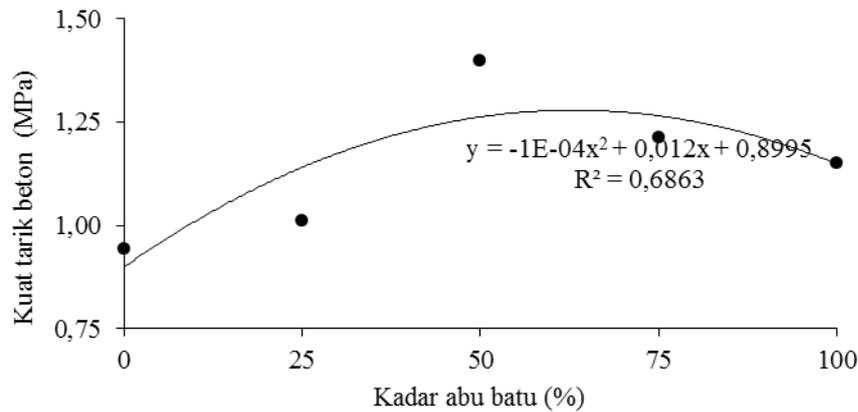
Gambar 2. Hubungan antara kadar abu batu dengan kuat tekan beton rata-rata

Dari pengujian kuat tekan beton diperoleh hasil rata-rata sebesar 6,152 MPa untuk beton plastik dengan kadar 100% pasir dan tanpa kadar abu batu, sedangkan untuk kadar abu batu 25%, 50%, 75%, dan 100% berturut-turut sebesar 6,323 MPa, 6,470 MPa, 6,719 MPa, dan 7,230 MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan adanya penggunaan abu batu di dalam beton, terjadi peningkatan kuat tekan beton rata-rata. Jadi semakin tinggi kadar abu batu di dalam campuran beton, maka kuat tekan beton rata-rata juga semakin tinggi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh padatnya campuran beton di dalam cetakan benda uji yang banyak diisi oleh butir-butir abu batu yang sangat halus yang mengisi rongga-rongga di dalam beton sehingga betonnya lebih padat. Kemungkinan lain adalah terjadinya ikatan yang lebih baik antara mortar dengan agregat kasar (*pellet* plastik).

3. Kuat tarik beton

Pengujian kuat tarik beton pada umur 28 hari dilakukan pada benda uji silinder besar dan dihitung menggunakan Persamaan (9). Hubungan antara penggunaan abu batu sebagai pengganti sebagian/dan atau seluruh pasir di dalam campuran beton dengan berat kuat tarik-belah beton rata-rata pada umur 28 hari ditunjukkan pada Gambar 3. Penggunaan regresi polinomial memberikan persamaan $y = -1e-04 x^2 + 0,012 x + 0,8995$ dan koefisien korelasi $R = 0,6863$.

Dari pengujian kuat tarik beton diperoleh hasil rata-rata sebesar 0,942 MPa untuk beton plastik dengan kadar 100% pasir dan tanpa kadar abu batu, sedangkan untuk kadar abu batu 25%, 50%, 75%, dan 100% berturut-turut sebesar 1,010 MPa, 1,400 MPa, 1,213 MPa, dan 1,152 MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan adanya penggunaan abu batu di dalam beton, terjadi peningkatan kuat tarik beton rata-rata 0% abu batu ke 50% abu batu, namun menurun pada kadar 75% dan 100% abu batu. Hal ini tidak menunjukkan *trend* yang sama pada pengujian kuat tekan beton. Jadi kuat tarik-belah optimum terjadi pada kadar 50% abu batu dan 50% pasir.



Gambar 3. Hubungan antara kadar abu batu dengan kuat tarik beton rata-rata

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: (1) Hasil pengujian beton pada umur 28 hari: (a) Berat volume beton rata-rata sebesar 3085,92 kg/m³ untuk beton plastik dengan kadar 0% abu batu dan 100% pasir sedangkan untuk kadar abu batu 25%, 50%, 75%, dan 100% berturut-turut sebesar 3171,33 kg/m³, 3199,49 kg/m³, 3236,32 kg/m³, dan 3260,72 kg/m³. Hasil pengujian menunjukkan bahwa adanya penggunaan abu batu di dalam beton, meningkatkan berat volume beton rata-rata; (b) Kuat tekan beton rata-rata sebesar 6,152 MPa untuk beton plastik dengan kadar 100% pasir dan tanpa kadar abu batu, sedangkan untuk kadar abu batu 25%, 50%, 75%, dan 100% berturut-turut sebesar 6,323 MPa, 6,470 MPa, 6,719 MPa, dan 7,230 MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa adanya penggunaan abu batu di dalam beton, meningkatkan kuat tekan beton rata-rata; (c) Kuat tarik beton rata-rata sebesar 0,942 MPa untuk beton plastik dengan kadar 100% pasir dan tanpa kadar abu batu, sedangkan untuk kadar abu batu 25%, 50%, 75%, dan 100% berturut-turut sebesar 1,010 MPa, 1,400 MPa, 1,213 MPa, dan 1,152 MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan adanya penggunaan abu batu di dalam beton, maka terjadi peningkatan kuat tarik-belah beton rata-rata dari kadar 0% abu batu ke 50% abu batu, namun menurun pada kadar 75% dan 100% abu batu; (2) Klasifikasi beton: (a) Hasil pengujian berat volume beton berdasarkan batasan Balitbang Kimpraswil (2003b) semua variasi campuran digolongkan sebagai beton ringan karena memiliki berat volume kurang dari 1850 kg/m³. Neville dan Brooks (1987) juga meng-golongkannya sebagai beton ringan karena mempunyai berat volume rata-rata di bawah 1800 dan 1900 kg/m³; (b) Hasil pengujian kuat tekan beton menurut Balitbang Kimpraswil (2003b), beton dengan kadar abu batu 0%, 25%, 50%, dan 75% digolongkan sebagai struktur sangat ringan karena memiliki kuat tekan kurang dari 6,89 MPa, sedangkan beton dengan kadar 100% termasuk golongan struktur sangat ringan karena memiliki kuat tekan 8,9-17,24 MPa. Menurut klasifikasi Neville dan Brooks (1987), beton dengan kadar abu batu 0%, 25%, 50%, dan 75% digolongkan sebagai beton ringan penahan panas (kuat tekan 0,7-7 MPa), sedangkan kadar 100% abu batu masuk golongan beton ringan untuk pasangan batu (kuat tekan 7-14 MPa).

DAFTAR RUJUKAN

- [1]. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2003a. Metoda, Tata Cara dan Spesifikasi, Bagian 2: Batuan, Sedimen, Agregat. Jakarta.
- [2]. ----- . 2003b. Metoda, Tata Cara dan Spesifikasi, Bagian 3: Beton, Semen, Perkerasan Jalan Beton Semen. Jakarta.
- [3]. ----- . 2003c. Metoda, Tata Cara dan Spesifikasi, Bagian 13: Kayu, Bahan Lain, Lain-lain. Jakarta.

- [4]. As-Syakur, A. R. 2007. Potensi Sampah Kota Sebagai Sumber Bahan Organik, <http://mbojo.wordpress.com> (diakses April 22, 2009).
- [5]. Jalali, N.A. 2013. Beton dengan Substitusi Pellet Polypropylene (PP) dan Pengaruhnya terhadap Kuat Tarik dan Lentur. Jurnal Forum Bangunan Volume 11 No. 2, Juli 2013. Fakultas Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Makassar.
- [6]. Mulyono, T. 2005. Teknologi Beton. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [7]. Neville, A. M., dan J.J. Brooks. 1987. Concrete Technology. Longman Scientific & Technical. England.
- [8]. Samekto, Wuryati dan Candra Rahmadiyanto. 2001. Teknologi Beton. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- [9]. Sucipto, C. D. 2012. Teknologi Pengolahan Daur Ulang Sampah. Gosyen Publishing. Yogyakarta.
- [10]. Sutarno. Tanpa tahun. Pemanfaatan Abu Batu Limbah Stone Crusher untuk Bahan Paving Block. e-Journal Wahana, Kumpulan Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang (diakses Januari 12, 2013).
- [11]. Tjokrodimuljo, K. 2007. Teknologi Beton. Biro Penerbit KMTS Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.