

## KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON BERAGREGAT KASAR PELLETT PLASTIK *POLYPROPYLENE*

Nur Aisyah Jalali

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang  
Jl. Perintis Kemerdekaan km. 10 Makassar 90245  
e-mail: aishah\_cpnp@yahoo.co.id

### Abstrak

Semakin hari kebutuhan manusia akan sarana dan prasarana semakin meningkat, demikian pula dengan kebutuhan akan material alternatif. Di sisi lain, dengan semakin majunya kehidupan manusia dan semakin banyaknya kebutuhan, maka jumlah limbah yang dihasilkannya juga semakin tinggi. Meskipun pemanfaatan limbah telah banyak dilakukan, baik untuk limbah organik maupun anorganik akan tetapi belum dapat meminimalkan jumlahnya. Salah satu penyebabnya adalah kesadaran lingkungan yang masih rendah. Di antara limbah yang butuh penanganan serius adalah limbah plastik karena membutuhkan waktu yang lama untuk terurai. Oleh karena ingin memberikan kontribusi pada penanganan limbah juga untuk memperoleh alternatif bahan bangunan, maka dilakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah plastik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berat volume, kuat tekan, dan modulus elastisitas beton akibat penggunaan pellet plastik, serta klasifikasi beton berdasarkan berat volume dan kuat tekannya. Bahan pencampur beton sama dengan yang umum digunakan, hanya volume agregat kasar digantikan sebagian/seluruhnya oleh pellet plastik. Pellet yang digunakan adalah limbah plastik jenis Polypropylene (PP) yang banyak di sekitar kita namun kurang dimanfaatkan. Plastik ini kemudian diproses hingga bentuknya menyerupai batu pecah. Kuat tekan rencana 20 MPa, variasi sampel berupa beton dengan kadar pellet 60%, 80%, dan 100% terhadap volume agregat kasar. Benda uji yang digunakan adalah silinder, dan umur pengujian pada umur 28 hari.

Hasil pengujian berat isi beton berturut-turut  $1967 \text{ kg/m}^3$ ,  $1778 \text{ kg/m}^3$ , dan  $1676 \text{ kg/m}^3$ , sedangkan kuat tekan yang dihasilkan berturut-turut 9,6 MPa, 8,9 MPa, dan 7,2 MPa. Modulus elastisitas beton yang diperoleh berturut-turut 15464 MPa, 13255 MPa, dan 10120 MPa. Data tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar pellet di dalam beton, maka berat volume, kuat tekan, dan modulus elastisitas beton semakin rendah.

Berdasarkan berat isinya, beton dengan kadar pellet 80% dan 100% digolongkan sebagai beton struktural ringan (SNI 03-3449-2003; Anonim, 2003), sedangkan menurut Tjokrodinuljo (2007), beton dengan kadar pellet 60%, 80%, dan 100% digolongkan sebagai beton ringan untuk struktur ringan. Hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan bahwa beton dengan kadar pellet 60%, 80%, dan 100% digolongkan sebagai beton ringan untuk konstruksi struktural ringan (SNI 03-3449-2003; Anonim, 2003), sedangkan Tjokrodinuljo (2007) menggolongkan beton dengan kadar pellet 60%, 80%, dan 100% sebagai beton sederhana untuk konstruksi non-struktural.

**Kata kunci:** beton ringan; limbah plastik; pellet; polypropylene

### Pendahuluan

Dengan semakin meningkatnya perkembangan teknologi, maka kebutuhan akan prasarana tambahan telah mendorong dilakukannya berbagai penelitian untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Hingga saat ini para peneliti mencoba berbagai material alternatif untuk memenuhi kebutuhan pembangunan konstruksi.

Dari berbagai jenis material yang tersedia di alam, ada yang tak dapat dipisahkan dari kehidupan kita yakni benda-benda buangan atau lebih populer disebut limbah. Berdasarkan asalnya, limbah organik dan anorganik. Di negara-negara yang telah menerapkan sistem pengolahan sampah terpadu, tiap jenis limbah telah dipilah menurut jenisnya yang mulai dilaksanakan pada tingkat penghasil limbah pertama yaitu perumahan/perhotelan. Limbah tersebut dipilah menjadi tiga, yaitu limbah organik, non-organik, dan B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).

Dari tahun ke tahun, jumlah limbah yang dihasilkan mengalami peningkatan. Ini dapat dilihat dari hasil penelitian yang dilakukan oleh BPPT mengenai komposisi dan karakteristik limbah di dua kota besar, yakni Jakarta dan Surabaya dari tahun 1979 hingga 1989. Komposisi limbah di dua kota tersebut tidak terlalu berbeda, dimana limbah organik menempati persentase yang paling besar yakni 70-80%, untuk limbah plastik, kertas, dan metal

hingga 10%, sedangkan lainnya menempati persentase yang lebih kecil (Sucipto, 2012). Meski persentase limbah non-organik relatif lebih kecil, akan tetapi karena kondisinya yang sulit terurai secara alami, bahkan dapat menjadi salah satu sumber pencemaran lingkungan. Berawal dari keinginan untuk berkontribusi dalam mengurangi limbah non-organik dan mendapatkan alternatif material bangunan, maka dilakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah plastik jenis *polypropylene* (PP) sehingga pemanfaatan jenis plastik ini merupakan salah satu alternatif pemecahan masalah limbah. Limbah plastik tersebut dijadikan *pellet* sebagai pengganti agregat kasar (batu pecah).

**Tujuan dan manfaat penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

- a. untuk mengetahui pengaruh *pellet* plastik sebagai material tambahan atau sebagai pengganti agregat kasar terhadap berat volume, kuat tekan, dan modulus elastisitas beton akibat penggunaan *pellet* plastik dibandingkan dengan beton normal;
- b. untuk mengetahui klasifikasi beton yang dibuat dalam variasi campuran *pellet* plastik 60%, 80%, dan 100% berdasarkan berat jenis dan kuat tekan yang dihasilkan.

Adapun manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

- a. memanfaatkan limbah plastik yang selama ini sulit terurai oleh lingkungan dan belum dimanfaatkan sebagai material daur ulang;
- b. memperoleh bahan alternatif pengganti agregat kasar sebagai bahan pengisi beton khususnya beton ringan;
- c. menghasilkan produk yang dapat digunakan sebagai alternatif material bangunan seperti batako, partisi ruangan dan sebagainya.

**Dasar teori**

Beton merupakan salah satu komponen utama dalam struktur bangunan teknik sipil. Banyak bangunan teknik sipil moderen menggunakan material beton sebagai penunjang kekuatan struktur bangunan selain baja, kayu dan bambu. Definisi tentang beton dikemukakan oleh beberapa ahli, diantaranya Mulyono (2005) mendefinisikan beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*Portland Cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*). Menurut Tjokrodinuljo (2007), beton adalah bahan bangunan yang dibuat dari air, semen *Portland*, agregat halus dan agregat kasar, yang bersifat keras seperti batuan. Adapun untuk jenis beton khusus (selain beton normal) ditambahkan bahan tambah misalnya pozzolan, bahan kimia pembantu, serat dan sebagainya.

Berdasarkan kuat tekan dan berat isinya, beton dibagi menjadi beberapa jenis yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2. Beton normal menurut SNI 03-2834-2003 (Anonim, 2003) adalah beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 1 Jenis beton berdasarkan kuat tekannya (Tjokrodinuljo, 2007)

Jenis beton	Kuat tekan (MPa)	Tujuan konstruksi
Beton sederhana	≤ 10	non-struktur
Beton normal (beton biasa)	15 – 30	struktur, bagian struktur penahan beban
Beton prategang	30 – 40	balok prategang, tiang pancang
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80	struktur khusus
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80	struktur khusus

Tabel 2 Jenis beton berdasarkan berat jenisnya (Tjokrodinuljo, 2007)

Jenis beton	Berat jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Tujuan konstruksi
Beton sangat ringan	< 1000	non-struktur
Beton ringan	1000 – 2000	struktur ringan
Beton normal (beton biasa)	2300 – 2500	struktur
Beton berat	> 3000	perisai sinar-X

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). Menurut Sni 03-3449-2002 (Anonim, 2003), 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/m<sup>3</sup> kering udara dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan struktural. Pemilihan jenis agregat ringan untuk konstruksi beton ringan didasarkan pada kuat tekan dan atau berat isi beton ringan yang ditunjukkan pada Tabel 3.

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

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

Menurut Tjokrodinuljo (2007), beton disebut sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari 1800 kg/m<sup>3</sup>. Ada beberapa metode yang dapat dilakukan untuk mengurangi berat jenis beton agar mendapatkan beton ringan, antara lain:

- 1) dengan membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya. Bahan tambahan khusus pembentuk gelembung udara dalam beton (*aluminium powder*) ditambahkan dalam semen dan akan timbul gelembung-gelembung udara;
- 2) dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar, batu apung atau agregat buatan yang menghasilkan beton yang lebih ringan dari beton normal;
- 3) dengan cara membuat beton tanpa menggunakan butir-butir agregat halus dan disebut beton non-pasir yang dibuat dari semen dan agregat kasar saja.

## Bahan dan Metode Penelitian

### Bahan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Semen *Portland* tipe I, pasir dengan ukuran butir lolos saringan 4,75 mm, batu pecah dengan ukuran butir maksimum 20 mm, dan *pellet* plastik dari jenis *polypropylene* (PP) dengan ukuran butir maksimum 20 mm. *Pellet* plastik berupa limbah dari label wadah minuman kemasan yang melalui proses pelelehan dan pencetakan, kemudian dicacah dengan hasil pencacahan berbentuk tidak teratur (*angular*) dengan gradasi tidak seragam menyerupai batu pecah.

### Metode penelitian

Perancangan campuran adukan beton dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang sebaik-baiknya sesuai dengan bahan dasar yang tersedia dan keinginan pembuat bangunan, yaitu kuat tekan yang disyaratkan, mudah dikerjakan, awet dan murah. Langkah-langkah perancangan campuran adukan beton normal didasarkan pada Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2002) yang diterbitkan oleh Balitbang Kimpraswil (Anonim, 2003). Kuat tekan direncanakan sebesar 20 MPa, dengan faktor-air-mentetap. Benda uji berupa silinder untuk pengujian berat volume, kuat tekan, dan modulus elastisitas dimana pengujian pada umur 28 hari. Variasi benda uji adalah beton normal atau beton tanpa kadar *pellet* plastik dan beton dengan campuran kadar *pellet* sebesar 60%, 80%, dan 100% terhadap volume agregat kasar di dalam campuran beton. Tinjauan secara kimiawi, pengaruh suhu dan kelembaban udara serta perhitungan biaya dalam penelitian ini diabaikan. Perancangan campuran beton plastik sama dengan beton normal, hanya volume agregat kasar (batu pecah) pada beton plastik digantikan oleh *pellet* plastik dalam kadar tertentu. Variasi benda uji berdasarkan volume *pellet* di dalam campuran beton adalah 60%, 80% dan 100% terhadap volume agregat kasar di dalam campuran beton dengan menggunakan Persamaan (1) dan (2).

$$\text{Volume batu pecah} = \text{berat batu pecah} / \text{berat isi batu pecah} \quad (1)$$

$$\text{Berat plastik} = (\% \text{ pellet} \times \text{volume batu pecah}) \times \text{berat satuan pellet} \quad (2)$$

Dalam pembuatan benda uji, kebutuhan bahan untuk satu adukan beton normal adalah 17,696 kg semen, 9,556 kg air, 33,662 kg pasir, dan 50,492 kg batu pecah, sedangkan kebutuhan bahan untuk satu adukan beton plastik pada masing-masing variasi kadar *pellet* adalah sama untuk material semen, air, dan pasir. Jumlah semen, air, dan pasir pada kadar *pellet* 60%, 80%, dan 100% berturut-turut 9,549 kg, 5,156 kg, dan 18,164 kg untuk setiap variasi kadar *pellet*, sedangkan jumlah batu pecah dan *pellet* plastik bervariasi sesuai kadar *pellet*-nya, yakni sebesar 10,899 kg dan 5,457 kg pada kadar *pellet* 60%, 5,449 kg dan 7,276 kg pada kadar *pellet* 80%, serta 0 kg dan 9,095 kg pada kadar *pellet* 100%.

Pengujian terhadap beton dilakukan pada umur 28 hari meliputi pengujian berat isi, kuat tekan, dan modulus elastisitas beton. Hasil pengujian yang diperoleh kemudian diolah menggunakan persamaan-persamaan berikut:

1. Berat isi beton (SNI 03-1973-1990; Anonim, 2003)

Berat isi adalah rasio antara berat dan isi/volume beton sebelum dilakukan pengujian pada benda uji atau menggunakan Persamaan (3).

$$\text{Berat volume beton} = \frac{W}{V} \quad (3)$$

2. Kuat tekan beton (SNI 03-1974-1990; Anonim, 2003)

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 (4).

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (4)$$

3. Modulus elastisitas (Purwono dkk, 2007)

Salah satu cara menghitung modulus elastisitas beton adalah dengan menggunakan rumus praktis. Purwono dkk (2007) memberikan persamaan modulus elastisitas untuk beton dengan berat satuan 1500 kg/m<sup>3</sup> sampai 2500 kg/m<sup>3</sup> (Persamaan 5).

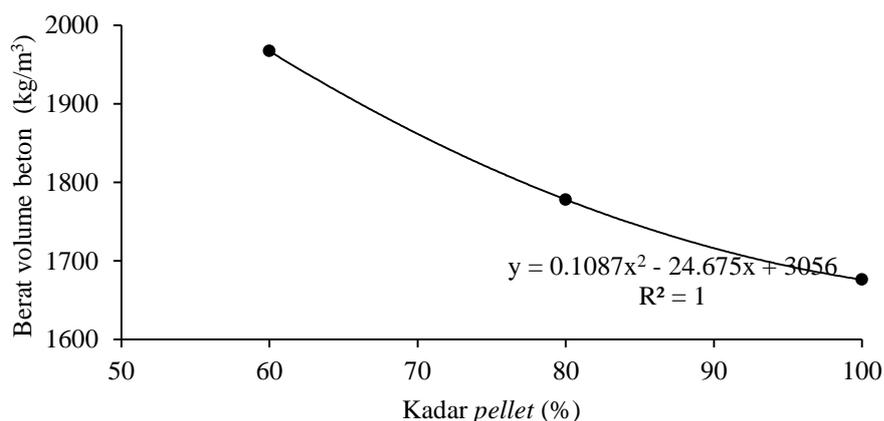
$$E_c = w_c^{1,5} 0,043 \sqrt{f_c'} \quad (5)$$

## Hasil dan Pembahasan

### Berat isi beton

Hasil pengujian berat isi beton dengan kadar *pellet* 60%, 80%, dan 100% menggunakan Persamaan (3) berturut-turut sebesar 1967 kg/m<sup>3</sup>, 1778 kg/m<sup>3</sup>, dan 1676 kg/m<sup>3</sup>. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan adanya penggunaan *pellet* plastik di dalam beton, terjadi penurunan berat isi rata-rata terhadap beton normal. Penurunan tersebut berturut-turut sebesar 17%, 25%, dan 29% terhadap berat isi beton normal.

Hubungan antara kadar *pellet* dengan berat isi beton rata-rata ditunjukkan pada Gambar 1, dimana semakin tinggi kadar *pellet* di dalam campuran beton, maka berat isi beton semakin rendah. Hal ini disebabkan oleh berat isi *pellet* yang jauh lebih kecil (0,48 kg/liter) daripada berat isi batu pecah (1,45 kg/liter).

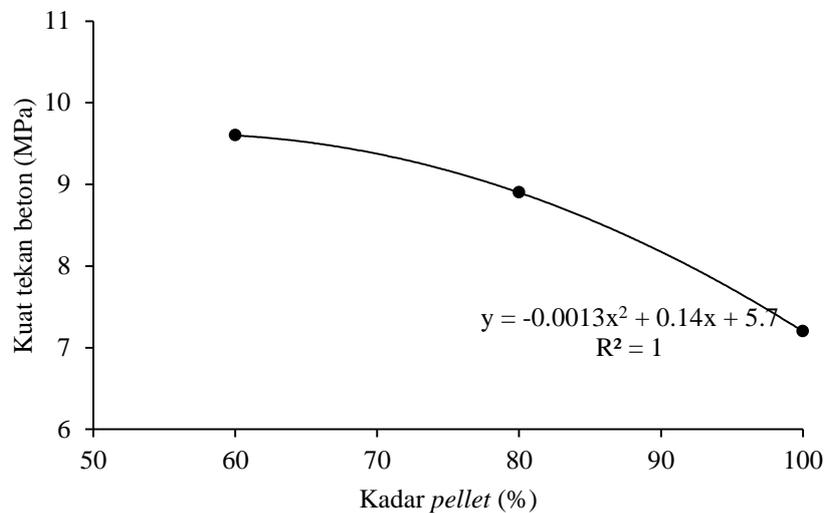


Gambar 1. Hubungan antara kadar *pellet* dengan berat isi beton

### Kuat tekan beton

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan kadar *pellet* 60%, 80%, dan 100% menggunakan Persamaan (4) berturut-turut sebesar 19,6 MPa, 8,9 MPa, dan 7,2 MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan adanya penggunaan *pellet* plastik di dalam beton, terjadi penurunan kuat tekan rata-rata terhadap beton normal. Penurunan tersebut berturut-turut sebesar 62%, 65%, dan 72% terhadap kuat tekan beton normal.

Hubungan antara kadar *pellet* dengan kuat tekan beton rata-rata ditunjukkan pada Gambar 2, dimana semakin tinggi kadar *pellet* di dalam campuran beton, maka kuat tekan beton semakin rendah. Hal ini kemungkinan disebabkan antara lain oleh tekstur permukaan *pellet* yang kurang kasar dan terjadinya ikatan yang lemah antara *pellet* dengan mortar, dimana hal sebaliknya terjadi pada batu pecah.

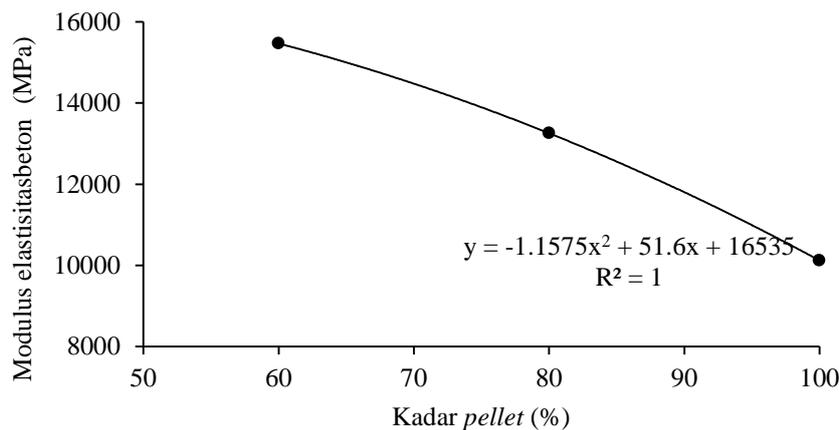


Gambar 2. Hubungan antara kadar *pellet* dengan kuat tekan beton

### Modulus elastisitas beton

Hasil pengujian modulus elastisitas beton dengan kadar *pellet* 60%, 80%, dan 100% menggunakan Persamaan (5) berturut-turut sebesar 46,79 MPa, 54,39 MPa, dan 65,18 MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan adanya penggunaan *pellet* plastik di dalam beton, terjadi penurunan nilai modulus elastisitas rata-rata terhadap beton normal. Penurunan tersebut berturut-turut sebesar 47%, 54%, dan 65% terhadap modulus elastisitas beton normal.

Hubungan antara kadar *pellet* dengan modulus elastisitas beton rata-rata ditunjukkan pada Gambar 3, dimana semakin tinggi kadar *pellet* di dalam campuran beton, maka modulus elastisitas beton semakin rendah. Gambar 3 juga menunjukkan hubungan antara kadar *pellet* dengan modulus elastisitas beton mengikuti *trend* penurunan yang baik.



Gambar 3. Hubungan antara kadar *pellet* dengan modulus elastisitas beton

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi kadar *pellet* plastik di dalam beton, maka berat volume beton semakin rendah. Demikian pula yang terjadi pada hasil pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas beton.

- a. Berat isi beton rata-rata untuk beton dengan kadar *pellet* 60%, 80%, dan 100% berturut-turut sebesar 19,67 kg/m<sup>3</sup>, 1778 kg/m<sup>3</sup>, dan 1676 kg/m<sup>3</sup>. Terjadi penurunan sebesar 17%, 25%, dan 29% terhadap berat isi beton normal.
  - b. Kuat tekan beton rata-rata untuk beton dengan kadar *pellet* 60%, 80%, dan 100% berturut-turut sebesar 9,6 MPa, 8,9 MPa, dan 7,2 MPa. Terjadi penurunan sebesar 62%, 65%, dan 72% terhadap kuat tekan beton normal.
  - c. Modulus elastisitas beton rata-rata untuk beton dengan kadar *pellet* 60%, 80%, dan 100% berturut-turut sebesar 15464 MPa, 13255 MPa, dan 10120 MPa. Terjadi penurunan sebesar 47%, 54%, dan 65% terhadap modulus elastisitas beton normal.
2. Klasifikasi beton
- a. Hasil pengujian berat volume beton menunjukkan bahwa:  
Menurut batasan SNI 03-3449-2003; Anonim (2003), beton dengan kadar *pellet* 80% dan 100% digolongkan sebagai beton struktural ringan, sedangkan menurut Tjokrodimuljo (2007), beton dengan kadar *pellet* 60%, 80%, dan 100% digolongkan sebagai beton ringan untuk struktur ringan.
  - b. Hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan bahwa:  
Menurut batasan SNI 03-3449-2003; Anonim (2003), beton dengan kadar *pellet* 60%, 80%, dan 100% digolongkan sebagai beton ringan untuk konstruksi struktural ringan, sedangkan Tjokrodimuljo (2007) menggolongkan beton dengan kadar *pellet* 60%, 80%, dan 100% sebagai beton sederhana untuk konstruksi non-struktur.

#### Daftar Notasi

W	=	berat benda uji beton, kg
V	=	volume benda uji beton, m <sup>3</sup>
f <sub>c</sub>	=	kuat tekan beton, MPa
P	=	beban maksimum, N
A	=	luas penampang benda uji, mm <sup>2</sup>
E <sub>c</sub>	=	modulus elastisitas beton, MPa
w <sub>c</sub>	=	berat satuan beton, kg/m <sup>3</sup>

#### Daftar Pustaka

- Anonim, (2003b), "*Metoda, Tata Cara dan Spesifikasi, Bagian 3: Beton, Semen, Perkerasan Jalan Beton Semen*", Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta.
- Mulyono, Tri, (2005), "*Teknologi Beton*", Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Purwono, R. dkk, (2007), "*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) Dilengkapi Penjelasan (S-2002)*", ITS Press, Surabaya.
- Sucipto, Cecep Dani, (2012), "*Teknologi Pengolahan Daur Ulang Sampah*", Gosyen Publishing, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, Kardiyono, (2007), "*Teknologi Beton*", Biro Penerbit KMTS Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.