

PEMANFAATAN SERBUK MARMER SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF PENGGANTI SEMEN PADA CAMPURAN BETON NORMAL

Susilowati*

ABSTRACT

This research was conducted to observe the effect of marble waste to reduce the amount of cement on compression strength and tensile strength of normal concrete, know the size difference of compression strength and tensile strength of concrete with marble waste compared with normal concrete without waste marble, concrete knowing failure mode and to know the changes workability concrete mixture with the use of marble waste using the slump test .

From the research results can be summarized as follows: (1) the greater use of marble powder in the concrete mix concrete slump value increases, (2) Use of waste marble in this study, it can not be fully used as an alternative material replacement of cement, but was able to raise the strength of concrete on the use of marble waste 5% by weight of cement, (3) the pattern of failure that occurs due to compression strength testing on all cone-shaped specimens, while the result of tensile testing, specimens were experiencing splitting, (4) compression strength and tensile strength result in fractional-shaped concrete blocks, there is no segregation in plain concrete, and the load when test result in parts of the coarse aggregate

Keywords : compression strength, concrete, waste marble, slump test .

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah marmer untuk mengurangi sejumlah semen pada kuat tekan dan kuat tarik beton normal, mengetahui besarnya perbedaan kuat tekan dan kuat tarik beton dengan limbah marmer dibandingkan dengan beton normal tanpa limbah marmer, mengetahui pola keruntuhan beton serta mengetahui perubahan kelecakan adukan beton dengan pemakaian limbah marmer menggunakan *slump test*

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut: (1) semakin besar penggunaan serbuk marmer pada campuran beton maka nilai slump beton meningkat (2) Pemakaian limbah marmer pada penelitian ini, ternyata tidak dapat sepenuhnya digunakan sebagai bahan alternative pengganti semen, tetapi mampu menaikkan kekuatan beton pada penggunaan limbah marmer 5% dari berat semen, (3) pola keruntuhan yang terjadi akibat pengujian kuat tekan pada semua benda uji berbentuk cone, sedangkan akibat pengujian kuat tarik, benda uji mengalami *splitting*, (4) pengujian kuat tekan dan kuat tarik menghasilkan pecahan beton berbentuk bongkahan-bongkahan, tidak terjadi segregasi pada campuran beton normal, dan beban saat pengujian mengakibatkan belahan pada agregat kasar.

*Susilowati adalah

I. PENDAHULUAN

Beton dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan ini diperoleh dengan cara mencampurkan semen Portland, air, dan agregat. Semen sebagai bahan utama penyusun beton, merupakan salah satu faktor yang menentukan mutu beton. Hampir 2/3 bagian semen terbentuk dari zat kapur yang proporsinya berperan penting terhadap sifat-sifat semen. Kadar kapur yang tinggi tetapi tidak berlebihan, cenderung memperlambat pengikatan tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi. Kekurangan kapur menghasilkan semen yang lemah (L.J. Murdock, 1986).

Dengan meningkatnya pembangunan di bidang konstruksi, maka kebutuhan semen sebagai bahan bangunan juga makin meningkat. Akan tetapi, peningkatan kebutuhan semen ini diiringi dengan peningkatan nilai ekonominya. Oleh karena itu perlu adanya bahan alternatif yang berfungsi mengurangi sejumlah semen dengan harga yang murah dan mudah didapat.

Serbuk marmer adalah limbah dari penambangan batu marmer yang tidak terpakai dan telah mengalami proses penumbukan sehingga menjadi butiran-butiran halus (tepung). Pemanfaatan serbuk marmer saat ini terbatas sebagai campuran tanah pertanian untuk mengurangi kadar asam dan sebagai campuran untuk pembuatan teraso.

Menurut penelitian PT Sucofindo Jakarta tahun 1995, bahwa serbuk marmer produksi PT Gramer Lampung mengandung unsur kapur (CaO) sebesar 54,22%. Dengan menggunakan serbuk marmer untuk mengurangi sejumlah semen ke dalam campuran beton normal, diharapkan akan memberikan mutu beton yang

baik dengan nilai yang relatif ekonomis.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan dan kuat tarik beton yang menggunakan serbuk marmer untuk mengurangi sejumlah semen, mengetahui besarnya perbedaan kuat tekan dan kuat tarik beton menggunakan serbuk marmer dan beton tanpa menggunakan serbuk marmer, mengetahui pola keruntuhan beton serta mengetahui perubahan kelecakan adukan beton dengan pemakaian limbah marmer menggunakan *slump test* dan *vb-time*.

Batasan masalah pada penelitian ini adalah menggunakan serbuk marmer yang lolos saringan no 200 dengan prosentase untuk mengurangi sejumlah semen sebesar 5%, 10%, dan 15% dari berat semen, pengujian kuat tarik dan kuat tekan campuran beton normal yang dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

Manfaat dari penelitian ini diharapkan meningkatkan nilai guna dan nilai tambah dari limbah industri marmer sebagai bahan bangunan, menambah wawasan mengenai studi tentang bahan bangunan khususnya serbuk marmer untuk mengurangi sejumlah semen dalam campuran beton serta mengurangi pencemaran dalam rangka menunjang usaha peningkatan kualitas lingkungan.

II. LANDASANTEORI

2.1 Pengertian Beton

Beton adalah campuran yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, air dan semen portland atau dengan semen hidraulis lainnya dengan atau tanpa bahan tambahan (dapat berupa bahan kimia atau bahan non kimia atau bahan lain yang berupa serat, pozzolan dan sebagainya)

dengan perbandingan tertentu. Beberapa material pembentuk beton tersebut dicampur merata dengan perbandingan tertentu menghasilkan campuran yang bersifat plastis sehingga dapat dituang ke dalam cetakan untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan. Bila campuran itu dibiarkan, akan semakin mengeras seiring dengan berjalannya waktu karena reaksi kimia yang terjadi antara air dan semen.

2.2. Material Pembentuk Beton

Pemilihan bahan-bahan pembentuk beton yang mempunyai kualitas baik, perhitungan proporsi yang tepat, cara pengerjaan dan perawatan yang baik dan penambahan bahan tambahan yang tepat dengan kadar yang optimum yang diperlukan akan menentukan kualitas beton yang dihasilkan. Bahan pembentuk beton diantaranya adalah semen, agregat, air dan bahan tambahan.

A. Semen Portland.

Semen portland berfungsi sebagai perekat antara butiran-butiran agregat dan juga mengisi rongga-rongga antara butiran-butiran agregat agar terjadi suatu massa yang padat. Semen portland memerlukan air untuk berlangsungnya reaksi kimia pada proses hidrasi sehingga semen mengeras bersama dengan butiran-butiran agregat sehingga membentuk massa yang padat.

Bahan dasar pembentuk semen portland terdiri dari kapur, silika, alumina dan oksida besi. Oksida tersebut bereaksi membentuk suatu produk yang terbentuk akibat peleburan. Unsur-unsur pembentuk semen dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Susunan Unsur Semen Portland.

Oksida	Persen (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 6
Magnesium (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Soda potash (Na ₂ O+K ₂ O)	0,5 – 1

Sumber: Kardiyono Tjokrodinuljo (1995)

Unsur yang paling penting pada semen ada empat buah, yaitu :

1. Trikalسيوم Silikat (C₂S) atau 3CaO.SiO₂
2. Dikalسيوم Silikat (C₂S) atau 2CaO.SiO₂
3. Trikalسيوم Aluminat (C₃A) atau 3CaO.Al₂O₃
4. Tetrakalsium Aluminoforit (C₄AF) atau 4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃

Pada umumnya semen diklasifikasikan menjadi 5 jenis semen, seperti yang tercantum pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jenis-jenis Semen Portland.

Jenis semen	Karakteristik Umum
Jenis I	Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus
Jenis II	Semen portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
Jenis III	Semen portland yang penggunaannya memerlukan persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan.
Jenis IV	Semen portland yang penggunaannya menuntut panas hidrasi rendah.
Jenis V	Semen portland yang penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Sumber : Kardiyono Tjokrodinuljo (1995 : 11)

B. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton. Agregat mempunyai proporsi campuran sebesar antara 70 sampai 75 persen dari total campuran beton. Dengan demikian kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas

*Susilowati adalah

agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton yang akan dibuat sehingga dalam pemilihan agregat harus diperhatikan ukuran dan kualitasnya. Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu agregat halus dan agregat kasar.

a. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam dan mempunyai diameter maksimum sebesar 5 mm. Pasir yang digunakan harus mempunyai susunan butiran yang bervariasi. Batasan susunan butiran (gradasi) menurut ASTM C 33-97 tertera pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Batasan Gradasi Agregat Halus Menurut ASTM C 33-97

Ukuran Saringan	Presentase Lolos Saringan (%)
9,5 mm	100
4,75 mm	95 – 100
2,36 mm (No. 8)	80 – 100
1,18 mm (No. 16)	50 – 85
600 µm (No. 30)	25 – 60
300 µm (No. 50)	10 – 30
150 µm (No. 100)	2 – 10

Sumber : ASTM C 33 – 97

Adapun pasir yang digunakan dalam campuran adukan beton harus memenuhi ketentuan-ketentuan yang tertera dalam PBI 1971/NI-2 Bab 3.3, yaitu :

1. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butiran agregat halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
2. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. Lumpur adalah bagian yang dapat melalui saringan 0,063 mm. Bila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat harus dicuci dahulu sebelum digunakan pada campuran.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung zat

1. organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan warna dari Abrams-Harder.
2. Agregat halus terdiri dari butir-butir beraneka ragam besarnya dan apabila diayak, harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut ;
 - a. Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat.
 - b. Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat.
 - c. Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80%, sampai 95% berat.
3. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga yang diakui.

b. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm (*SK SNI T – 15 – 1991 03*). Ketentuan umum yang digunakan untuk mengukur kualitas agregat kasar adalah dengan uji keausan/abrasi dengan menggunakan mesin *Los Angelos*. Ketentuan pengujian ini diatur dalam ASTM 131 – 85 dimana hasil dari pengujian ini tidak boleh melebihi 50 % berat semula.

Agregat yang digunakan harus sesuai dengan mutu yang telah ditentukan dalam PBI 1971 Bab 3.4 adalah sebagai berikut :

1. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-

-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir tersebut tidak melebihi dari 20% berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar tersebut harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.

2. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan dari berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat reaktif alkali.
4. Keausan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan mesin *Los Angeles* dengan syarat-syarat tertentu.
5. Agregat kasar terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan tidak melewati saringan 4,75 mm.
6. Besar butiran agregat maksimum tidak boleh lebih dari 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan, 1/3 dari tebal plat, atau 3/4 dari jarak bersih minimum antara batang-batang atau tulangan.

Batas gradasi agregat kasar diatur dalam ASTM C 33 – 84 tertera pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Persyaratan Gradasi Agregat Kasar ASTM C 33 – 84

Ukuran Saringan (mm)	Presentase Lolos Saringan (%)
50	100
38	95 – 100
19	35 – 70
9,5	10 – 30
4,75	0 – 5

Sumber : *Concrete Technology, Neville & Brooks (1987)*

C. Air

Air merupakan komponen yang penting dalam pembuatan beton karena dengan adanya air dapat terjadi reaksi kimiawi dengan semen yang mengakibatkan terjadinya pengikatan dan proses pengerasan. Selain itu juga air berfungsi untuk membasahi dan melumasi butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan serta mencegah keretakan selama pegerasan pada beton segar.

Menurut Kardiyono Tjokrodinuljo (1996:45), untuk bereaksi dengan semen air yang dibutuhkan hanya sekitar 25 %. Tetapi dalam kenyataannya beton yang mempunyai kadar air kurang dari 35 % menjadi kering dan sukar dipadatkan. Oleh karena itu perlu adanya penambahan air sebagai pelumas agar beton mudah dikerjakan, dengan ketentuan penambahan air tidak boleh berlebihan atau seminimal mungkin, karena dengan penambahan air yang berlebihan akan menyebabkan beton segar mengalami pemisahan air (*bleeding*) jika dituang dalam cetakan. Syarat-syarat air untuk campuran beton berdasarkan standar PBNI 1971/NI-2 pasal 3.6, yaitu :

- a) Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b) Tidak mengandung garam-garam yang merusak beton (asam, zat organik, dll) lebih dari 15 gram/liter.
- c) Tidak mengndung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter
- d) Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

D. Bahan Pengisi Pori (*Filler*)

Bahan pengisi pori atau disebut juga

*Susilowati adalah

sebagai *filler* merupakan bahan yang berupa mineral agregat yang umumnya berupa tepung yang lolos saringan no. 200. Fungsi penggunaan dari *filler* adalah untuk mengisi rongga-rongga (*voids*) diantara agregat kasar sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan kerapatan massanya menjadi lebih besar.

Bubuk isian yang berbutir halus ini diharapkan dapat mengisi rongga-rongga (*voids*) sehingga beton akan semakin padat. Dengan beton yang padat diharapkan dapat memberikan ketahanan terhadap kuat desak beton sehingga beton mempunyai kuat desak yang tinggi. Bahan-bahan yang dapat berfungsi sebagai *filler* dapat berupa flysh dan slag (sisa benda tambang) yang berasal dari dapur etus meskipun bahan ini biasanya digunakan karena sifat *pozzolanic*-nya. (L. J. Murdok & K. M. Brook, 1999)

III. METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Portland tipe I merek Baturaja, agregat halus (pasir) berukuran kurang dari 5 mm asal Gunung Sugih Lampung Tengah, agregat kasar (batu pecah) asal Tanjungan Lampung Selatan dengan diameter maksimum 20 mm. Air yang digunakan memenuhi syarat untuk konsumsi air minum. Serbuk marmer yang digunakan adalah lolos saringan no. 200 diproduksi PT Grammar Lampung.

Tabel 3.1. Kandungan unsur pada Limbah Marmer PT Grammar Lampung

Kandungan unsur	(%)	Metode
CaO	54,22	Titrimetry
MgO	0,81	Titrimetry
Al ₂ O ₃	0,12	AAS
Fe ₂ O ₃	0,05	AAS
H ₂ O	0,03	Gravimetry
SiO ₂	1,16	Gravimetry

Perancangan campuran beton menggunakan metode DOE (*Departement of Environment, Building Research Establishment, Britain*) yang dimuat dalam buku SK SNI T-15-1990-03 (Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal) dengan kuat tekan beton rencana (*fc'*) 30 MPa. Serbuk marmer yang digunakan sebagai bahan pengganti semen sebesar 0%, 5%, 10% dan 15% dari berat semen.

Jumlah benda uji pada masing-masing umur dari masing-masing kadar serbuk marmer adalah 3 buah. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari seperti terlihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Jumlah Benda Uji pada Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Tarik

Kadar Serbuk Marmer (%)	Jumlah Sampel Kuat Tekan	Jumlah Sampel Kuat Tarik	Jumlah benda uji pada umur		
			7 hari	14 hari	28 hari
0	9	9	3	3	3
5	9	9	3	3	3
10	9	9	3	3	3
15	9	9	3	3	3
Total	36	36	12	12	12

Pengukuran kelecakan adukan beton digunakan slump test. Sedangkan pemadatan beton pada cetakan dilakukan dengan memukul perlahan dinding cetakan dengan palu karet. Benda-benda uji yang dibuka dari cetakan, kemudian dilakukan perawatan dengan cara perendaman sampai saat pengujian kekuatan beton.

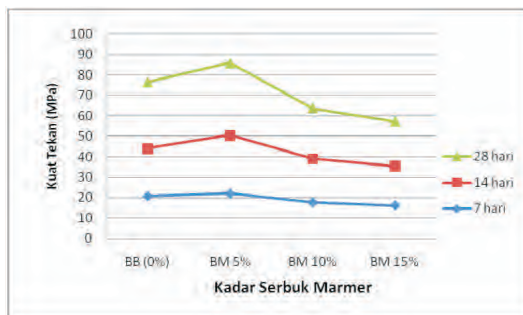
Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan Compression Testing Machine dengan kecepatan pembebanan 0,14 – 0,34 MPa per detik sesuai ASTM C39. Pengujian kuat tarik beton sesuai ASTM C 496-86).

Selanjutnya hasil kuat tekan rata-rata benda uji silinder untuk masing-masing kadar serbuk marmer dan umur disajikan pada Tabel 6 dan Gambar 1. Kuat tekan beton marmer (BM) 5% pada umur 7, 14, dan 28 hari mengalami peningkatan seperti yang terlihat pada Tabel 3.6 dan Gambar 1. Akan tetapi untuk beton marmer (BM) 10% dan 15% pada umur 7, 14, dan 28 mengalami penurunan kekuatan dibandingkan dengan kuat tekan beton tanpa serbuk marmer.

Kuat tekan beton marmer 5% mengalami peningkatan yang optimum pada umur beton 14 hari sebesar 22,22% dari tipe campuran beton biasa.

Tabel 3.6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Rata-rata

Tipe Campuran	Kuat Tekan Beton Rata-rata (MPa)			Persentase perbedaan kuat tekan		
	7 hari	14 hari	28 hari	7 hari	14 hari	28 hari
BB (0%)	20,722	23,354	32,436	--	--	--
BM 5%	21,982	28,544	35,291	+ 6,08	+ 22,22	+8,80
BM 10%	17,645	21,426	24,689	-14,85	-8,26	-23,88
BM 15%	16,181	19,295	21,741	-21,91	-17,30	-32,97



Gambar 1. Hubungan Kadar Serbuk Marmer dengan Kuat Tekan



Gambar 2. Pengujian Kuat Tekan Beton

4. Kuat Tarik Beton

Kuat tekan benda uji silinder dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_t = 2P / \pi LD \quad [2]$$

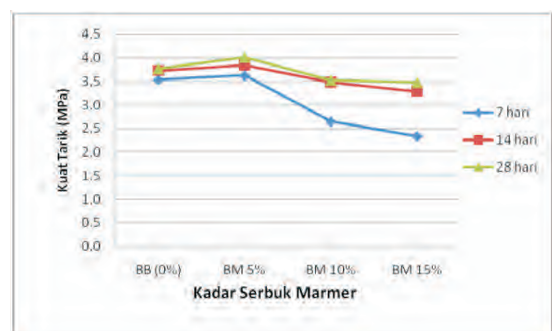
Dengan: σ_t = Kuat tarik beton (MPa)
 P = beban yang dipikul pada saat runtuh (N)
 π = Konstanta (3,14)
 L = panjang silinder (mm)
 D = Diameter silinder (mm)

Selanjutnya hasil kuat tarik rata-rata benda uji silinder untuk masing-masing kadar serbuk marmer dan umur disajikan pada Tabel 3.7 dan Gambar 2. Kuat tarik beton marmer (BM) 5% pada umur 7, 14, dan 28 hari mengalami peningkatan seperti yang terlihat pada Tabel 7 dan Gambar 2. Akan tetapi untuk beton marmer (BM) 10% dan 15% pada umur 7, 14, dan 28 mengalami penurunan kekuatan dibandingkan dengan kuat tarik beton tanpa serbuk marmer.

Kuat tarik beton marmer 5% mengalami peningkatan yang optimum pada umur beton 28 hari sebesar 6,39% dari tipe campuran beton biasa.

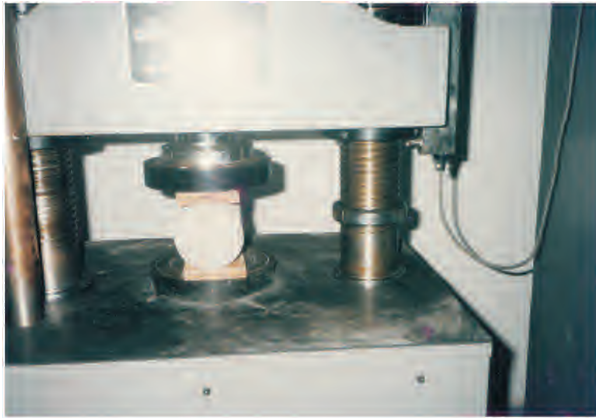
Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Rata-rata

Tipe Campuran	Kuat Tarik Beton Rata-rata (MPa)			Persentase perbedaan kuat tekan		
	7 hari	14 hari	28 hari	7 hari	14 hari	28 hari
BB (0%)	3,536	3,726	3,772	--	--	--
BM 5%	3,628	3,846	4,013	+2,60	+3,22	+6,39
BM 10%	2,650	3,480	3,531	-25,06	-6,60	-6,39
BM 15%	2,335	3,290	3,485	-33,96	-11,70	-7,61



Gambar 3. Hubungan Kadar Serbuk Marmer dengan Kuat Tarik

*Susilowati adalah



Gambar 4. Pengujian Kuat Tarik Beton

Dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton, terlihat adanya peningkatan kekuatan optimum hanya terjadi pada beton marmer 5% saja, hal ini menunjukkan bahwa serbuk marmer yang menggantikan semen sebanyak 5%, optimum mengisi rongga-rongga (*voids*) diantara agregat kasar sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan kerapatan massanya menjadi lebih besar dan dapat memberikan ketahanan terhadap kuat desak beton sehingga beton mempunyai kuat desak yang tinggi.

5. Pola Keruntuhan Beton

Dari penelitian ini pada saat pengujian kuat tekan beton, pola keruntuhan yang terjadi pada semua benda uji untuk campuran biasa maupun beton marmer adalah *cone*/kerucut. Pola keruntuhan ini terjadi akibat adanya beban terpusat antara permukaan beton dengan pelat mesin tekan. Beban tersebut menimbulkan gaya yang mendesak ke sisi-sisi silinder beton. Apabila gaya yang timbul setelah mencapai kekuatan maksimum, dan silinder beton tidak mampu menahannya, maka beton mengalami keruntuhan pada sisi-sisi tegak dan menyisakan bagian yang tidak rusak pada bagian tengah silinder yang

berbentuk kerucut/*cone*. Untuk pola keruntuhan beton akibat beban tarik menyebabkan *splitting* sepanjang bidang diameter silinder beton.

Dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton, didapat pecahan benda uji beton berupa bongkahan-bongkahan, dan tidak terjadi segregasi (pemisahan antara agregat kasar dan agregat halus). Pada penelitian ini agregat kasar membelah akibat pengujian beban, hal ini menunjukkan bahwa serbuk marmer, semen, dan agregat dapat menyatu dan membentuk bahan yang lebih homogen dan lebih padat.



Gambar 5. Pola Keruntuhan pada Beton

IV. KESIMPULAN

1. Semakin besar penambahan serbuk/limbah marmer untuk mengurangi sejumlah semen dalam campuran beton, meningkatkan nilai slump beton.
2. Penggantian limbah marmer terhadap sejumlah semen pada adukan beton normal dapat meningkatkan kuat tekan beton hanya pada beton marmer kadar 5%, karena limbah marmer 5% optimum sebagai *filler* mengisi rongga/*voids* sedangkan untuk beton marmer 10% dan

- 15% mengalami penurunan kuat tekan.
3. Penggantian limbah marmer terhadap sejumlah semen pada adukan beton normal dapat meningkatkan kuat tarik beton hanya pada beton marmer kadar 5% , sedangkan untuk beton marmer 10% dan 15% mengalami penurunan kuat tarik.
 4. Pola keruntuhan yang terjadi pada silinder beton akibat pengujian kuat tekan berbentuk cone, sedangkan pola keruntuhan akibat pengujian kuat tarik berbentuk splitting.
 5. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik menghasilkan pecahan beton berbentuk bongkahan, tidak terjadi segregasi dan beban saat pengujian mengakibatkan belahan pada agregat kasar.

Stephanus Hindarko. 1991. "Bahan dan Praktek Beton". Erlangga. Jakarta

Nawy, E.G., (1996), Reinforced Concrete: A Fundamental Approach 3rd edition, New York: Prentice Hall.

Wahyu Budi Wibowo. 2007. "Pengaruh Penambahan Trass Muria Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Pada Bata Trass Kapur". Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

_____. 1987. Project Proposal Industri Marmer lampung. PT Grammer Panca Negara. Bandar lampung

DAFTAR PUSTAKA

- Annual Book of ASTM Standars. 1994. "Concrete and Aggregates". Volume 04.02.
- Badan Standardisasi Nasional, SNI T-15-1990-03."Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal". Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional, (2002), SNI 15-2049-2004: Semen Portland, Badan Standardisasi Nasional.
- Gani, M.S.J., (1997). "Cement and Concrete", London: Chapman & Hall.
- Idris, A.A. dan Lasino.1988. Penelitian Pemanfaatan Limbah Kapur Industri Soda Untuk Bahan bangunan. Jurnal Penelitian Pemukiman. Vol. IV No. 7-8 Juli-Agustus. Bandung.
- Murdock, L.J. dan K.M. Brooks. 1979. "Concrete Material and Practice". Terjemahan