

PENGARUH PENAMBAHAN METAKAOLIN TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON MUTU TINGGI

Petrus Peter Siregar¹ dan Ade Lisantono²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44, Yogyakarta
Email: petrus_peter92@yahoo.com

² Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44, Yogyakarta
Email:adelisantono@mail.uajy.ac.id

ABSTRAK

Tuntutan beton mutu tinggi mulai diperlukan seiring dengan tuntutan pada bangunan modern. Dengan demikian saat ini diperlukan pengembangan dalam teknologi beton untuk mendapatkan beton mutu tinggi dengan bahan lokal. Pada penelitian ini akan dilakukan studi tentang pengaruh penambahan metakaolin terhadap beton mutu tinggi yang berbasis *silica fume*, *superplasticizer*, dan pasir kwarsa. Kadar *silica fume* dan pasir kwarsa yang ditambahkan sebanyak 10% dari berat semen, sedangkan kadar *superplasticizer* yang digunakan sebesar 2% dari berat semen. Pengujian dilakukan dengan membuat silinder beton dengan ukuran diameter 150 mm dengan tinggi 300 mm untuk mendapatkan nilai kuat tekan dan modulus elastisitas beton mutu tinggi. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Sedangkan pengujian modulus elastisitasnya dilakukan pada umur beton 28 hari. Variasi penambahan metakaolin sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% terhadap berat semen. Berdasarkan pengujian diperoleh kuat tekan rata-rata pada 28 hari untuk silinder BMT, BMTM 5%, BMTM 10%, BMTM 15%, BMTM 20%, BMTM 25% berturut-turut sebesar 37,6547 MPa, 35,9104 MPa, 58,6384 MPa, 34,9274 MPa, 48,8576 MPa, dan 49,0534 MPa. Terlihat bahwa kuat tekan beton maksimum terjadi pada silinder dengan penambahan metakaolin sebesar 10%. Sedangkan modulus elastisitas rata-rata pada umur 28 hari untuk silinder BMT, BMTM 5%, BMTM 10%, BMTM 15%, BMTM 20%, BMTM 25% berturut-turut sebesar 32.030,67 MPa, 30.147,33 MPa, 28.869,33 MPa, 27.755 MPa, 27.227,67 MPa, dan 33.878,67 MPa. Terlihat bahwa modulus elastisitas maksimum terjadi pada silinder dengan penambahan metakaolin sebesar 25%. Berdasarkan hasil pengujian disimpulkan bahwa kenaikan kuat tekan beton mutu tinggi terjadi pada benda uji dengan penambahan metakaolin sebesar 10% yaitu dengan kenaikan sebesar 55,726 % dibandingkan dengan benda uji tanpa penambahan metakaolin. Sedangkan kenaikan modulus elastisitas beton mutu tinggi paling tinggi terjadi pada benda uji dengan penambahan metakaolin sebesar 25 % yaitu dengan kenaikan sebesar 5,769 % dibandingkan dengan benda uji tanpa penambahan metakaolin.

Kata Kunci: Beton mutu tinggi, metakaolin, *silica fume*, pasir kwarsa, kuat tekan, modulus elastisitas.

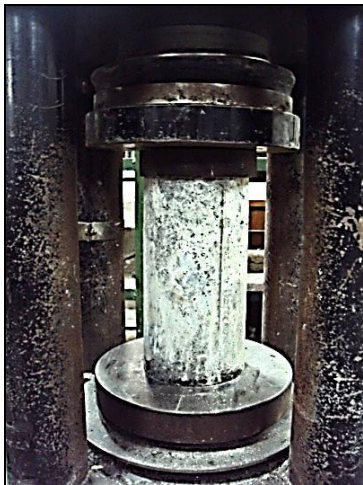
1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material yang sangat penting dan banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan dalam konstruksi bangunan seperti rumah, kantor, apartemen, jembatan, pelabuhan, bendungan, jalan dan bangunan lainnya. Beton saat ini banyak digunakan sebagai bahan bangunan karena mudah dibentuk sesuai yang diinginkan serta bahan susunnya mudah didapat atau dapat menggunakan material setempat. Selain mudah dibentuk serta bahan mudah didapat, kekuatan dan mutu beton dapat dirancang sesuai dengan yang diinginkan. Beton merupakan campuran antara semen portland, agregat, air, dan terkadang ditambahi dengan menggunakan bahan tambah yang bervariasi mulai dari bahan tambah kimia, serta sampai dengan bahan bangunan non-kimia pada perbandingan tertentu (Tjokrodinuljo, 2007). Seiring tuntutan pembangunan yang membutuhkan bahan dengan kekuatan yang tinggi, maka saat ini banyak dikembangkan beton mutu tinggi. Beton mutu tinggi merupakan suatu bahan yang dibuat dari campuran beton (semen, agregat, air) dengan penambahan zat aditif, sehingga dapat membentuk kekuatan beton yang tinggi. Upaya untuk mendapatkan beton mutu tinggi yaitu dengan meningkatkan mutu material pembentuknya, misalnya kekerasan agregat, kehalusan butir semen, dan dengan pemberian bahan tambah atau zat aditif. Menurut SNI 03-6468-2000 bahwa beton mutu tinggi merupakan beton yang memiliki kekuatan tekan di atas 41,40 MPa.

Kaolin merupakan salah satu mineral tanah liat (lempung) yang mengandung beberapa lapis aluminium silikat. Kaolin jika mendapat perlakuan panas atau dibakar akan menghasilkan Metakaolin yang mempunyai kandungan Silika dan Alumina. Dengan demikian Metakaolin merupakan material yang potensial untuk pembuatan beton (Khatib, 2009). Dalam dekade ini Metakaolin telah banyak dipakai untuk pembuatan beton. Mediyanto et al. (2010) melakukan penelitian penggunaan Metakaolin untuk pembuatan beton ringan pasca bakar, sedangkan Lisantono dan Hatmoko (2012) telah memanfaatkan Metakaolin untuk pembuatan beton geopolymer dimana Metakaolin pada penelitian ini digunakan sebagai bahan substitusi atau pengganti semen. Melihat Metakaolin yang mempunyai kandungan Silika dan Alumina dan bersifat sebagai pozzolan yang akan bereaksi dengan kapur hasil hidrasi semen dan sebagai pengisi pori (*filler*) serta berpotensi sebagai bahan pembuat beton, maka perlu kiranya dilakukan penelitian penggunaan Metakaolin untuk pembuatan beton mutu tinggi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk pembuatan benda uji digunakan material yang terdiri dari agregat halus berupa pasir yang berasal dari Kali Progo, Kulon Progo, Yogyakarta. Agregat kasar berupa kerikil yang berasal dari Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Sebagai bahan ikat untuk adukan beton digunakan Semen Portland Gresik. Bahan tambah yang digunakan adalah Metakaolin yang berasal dari Kabupaten Gunungkidul yang dibakar pada suhu 800 °C selama 6 jam dan lolos saringan No. 100. Bahan tambah lain yang digunakan adalah *Silica fume* dan *Superplasticizer*. Sedangkan untuk pengisi rongga (*filler*) pada adukan beton digunakan pasir kwarsa. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Variasi penambahan Metakaolin sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% terhadap berat semen. Kuat tekan beton yang akan diuji pada umur beton 7, 14, dan 28 hari sedangkan untuk pengujian modulus elastisitasnya hanya diuji pada umur beton 28 hari. Mix desain beton mutu tinggi mengikuti SNI 03-6468-2000. Pada saat pembuatan adukan beton, nilai slump yang direncanakan sebesar 200 mm. Perawatan benda uji silinder yang dilakukan dengan cara merendam silinder beton pada bak air. Sehari sebelum dilakukan pengujian, silinder beton dikeluarkan dari rendaman untuk dikeringkan dalam suhu ruangan. Pengujian kuat tekan beton dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Pengujian dilakukan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) dengan merk ELE. Sedangkan pengujian modulus elastisitas beton dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) merk *Shimadzu* UMH-30. Pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas beton diperlihatkan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Pengujian Kuat Tekan



Gambar 2. Pengujian Modulus Elastisitas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan bahan

1. Agregat Halus

- a. Pemeriksaan Kandungan organik pada pasir sesuai dengan warna *Gardner Standard Color* No. 8 sehingga pasir dapat dipergunakan.

- b. Pemeriksaan kandungan lumpur dalam pasir < 5% sehingga pasir dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.
 - c. Modulus halus butir agregat halus sebesar 3,21 yang sesuai dengan ketentuan modulus halus butir agregat halus sebesar 1,5-3,8.
 - d. Dalam pengujian agregat halus didapat berat jenis 2,7308 gr/cm³ dan penyerapan 1,147 %.
 - e. Hasil pemeriksaan kadar air yang didapat pada agregat halus adalah sebesar 2,3934 %.
2. Agregat Kasar
- a. Pemeriksaan kandungan lumpur dalam krikil < 1% sehingga kerikil dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.
 - b. Berdasarkan syarat mutu kekuatan agregat dengan *Los Angeles* untuk beton kelas III (di atas 20 MPa) adalah maksimum 27 %. Hasil pemeriksaan didapat 24,96 % < 27 %, sehingga memenuhi syarat.
 - c. Modulus halus butir agregat kasar sebesar 6,423 yang sesuai dengan ketentuan modulus halus butir agregat kasar sebesar 5-8.
 - d. Dalam pengujian agregat kasar didapat berat jenis 2,6739 gr/cm³ dan penyerapan 1,5244 %.
 - e. Hasil pemeriksaan kadar air yang didapat pada agregat kasar adalah sebesar 1,335 %.
3. Metakaolin
- Metakaolin yang merupakan hasil pembakaran telah diujikan komposisi kimiawinya di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan (BBTKL) Yogyakarta. Hasil pengujian komposisi Metakaolin dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimiawi metakaolin

Elemen kimia	Kandungan (%)
SiO ₂	39,99
Al ₂ O ₃	5,57
Fe ₂ O ₃	0,39
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	45,95
Hilang Pijar	1,72
CaO	0,03
MgO	0,79
SO ₃	Tidak Terdeteksi
K ₂ O	0,22
Na ₂ O	0,29
H ₂ O	0,04

Tabel 1 di atas memperlihatkan bahwa kandungan SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ pada metakaolin yang dibakar pada suhu 800⁰ C selama 6 jam sebesar 45,95 %.

Kuat tekan dan modulus elastisitas beton

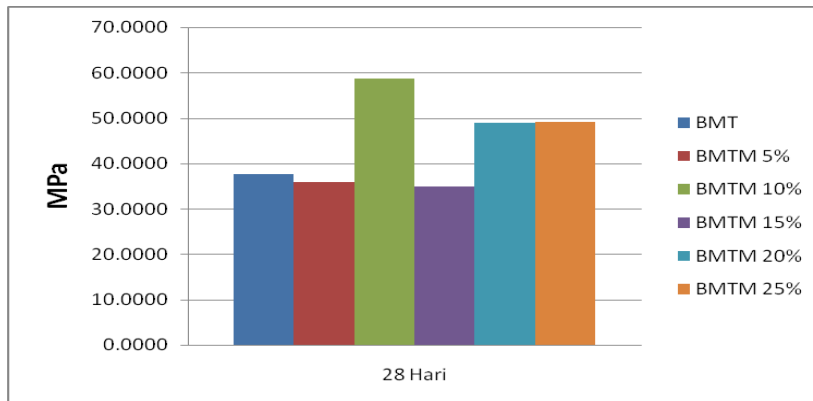
Hasil kuat tekan silinder beton diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kuat tekan beton

Nama	Umur 7 Hari		Umur 14 Hari		Umur 28 Hari	
BMT (MPa)	40.1719		67.3688		36.5076	
	39.8952	38.6092	73.1123	72.0345	38.4223	37.6547
	35.7604		75.6224		38.0342	
BMTM 5% (MPa)	64.6240		50.6163		34.5656	
	70.4876	62.5965	75.1428	68.8707	36.1947	35.9104
	52.6780		80.8530		36.9710	
BMTM 10% (MPa)	47.6285		57.1059		56.4768	
	48.9073	49.3034	57.8512	58.7983	58.3637	58.6384
	51.3744		61.4379		61.0748	
BMTM 15%	52.6997	54.6829	57.1891	59.3770	33.9545	34.9274

Nama	Umur 7 Hari		Umur 14 Hari		Umur 28 Hari	
(MPa)	54.0082		59.3861		33.7441	
	57.3409		61.5558		37.0835	
BMTM 20% (MPa)	56.0609		55.8014		48.2596	
	61.1257	59.6927	56.7980	58.4822	49.1247	48.8576
	61.8917		62.8471		49.1884	
BMTM 25% (MPa)	47.4203		57.6716		48.4282	
	48.8857	50.5063	60.4979	60.3027	48.1956	49.0534
	55.2128		62.7386		50.5364	

Jika hasil pengujian kuat tekan beton disajikan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini:



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Beton Umur 28 hari

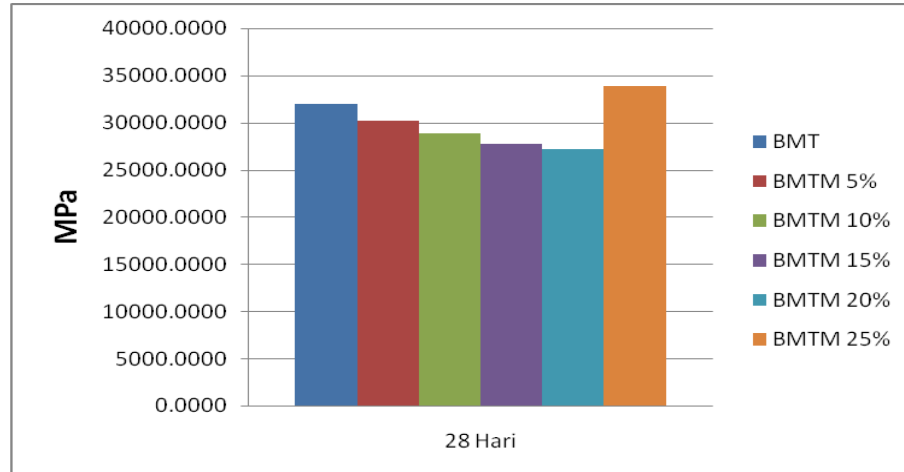
Pada pengujian kuat tekan umur beton umur 28 hari dapat dilihat beton dengan penambahan metakaolin sebesar 10 % memiliki kuat tekan tertinggi yaitu 58,638 MPa. Terlihat bahwa penambahan metakaolin sebesar 10 % dapat meningkatkan kuat tekan beton mutu tinggi sebesar 55,726 % dibandingkan dengan benda uji tanpa penambahan metakaolin.

Sedangkan modulus elastisitas beton diuji pada umur beton 28 hari. Hasil pengujian modulus elastisitas beton umur 28 hari disajikan pada Tabel 3 tersebut di bawah ini.

Tabel 3. Modulus elastisitas beton

Keterangan	Modulus Elastisitas Umur 28 Hari (MPa)
BMT	32030.666
BMTM 5%	30147.333
BMTM 10%	28869.333
BMTM 15%	27755.000
BMTM 20%	27227.666
BMTM 25%	33878.666

Jika modulus elastisitas beton umur 28 hari di atas disajikan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4 Grafik Modulus Elastisitas Beton Umur 28 Hari

Dari hasil pengujian modulus elastisitas di atas dapat dilihat bahwa peningkatan modulus elastisitas beton tertinggi terjadi pada penambahan metakaolin sebesar 25%. Terlihat bahwa penambahan metakaolin sebesar 25 % dapat meningkatkan modulus elastisitas beton mutu tinggi sebesar 5,769 % dibandingkan dengan benda uji tanpa penambahan metakaolin.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari untuk spesimen BMT, BMTM 5%, BMTM 10%, BMTM 15%, BMTM 20%, BMTM 25% berturut-turut adalah 37,6547 MPa, 35,9104 MPa, 58,6384 MPa, 34,9274 MPa, 48,8576 MPa, dan 49,0534 MPa.
2. Nilai modulus elastisitas beton rata-rata pada umur 28 hari untuk spesimen BMT, BMTM 5%, BMTM 10%, BMTM 15%, BMTM 20%, BMTM 25% berturut-turut adalah 32.030,67 MPa, 30.147,33 MPa, 28.869,33 MPa, 27.755 MPa, 27.227,67 MPa, dan 33.878,67 MPa.
3. Kuat tekan beton tertinggi umur 28 hari terjadi pada spesimen dengan penambahan metakaolin sebesar 10% yaitu sebesar 58,6384 MPa. Terlihat bahwa penambahan metakaolin sebesar 10 % dapat meningkatkan kuat tekan beton mutu tinggi sebesar 55,726 % dibandingkan dengan benda uji tanpa penambahan metakaolin.
4. Modulus elastisitas beton tertinggi umur 28 hari terjadi pada spesimen dengan penambahan metakaolin sebesar 25% yaitu sebesar 33.878,67 MPa. Terlihat bahwa penambahan metakaolin sebesar 25 % dapat meningkatkan modulus elastisitas beton mutu tinggi sebesar 5,769 % dibandingkan dengan benda uji tanpa penambahan metakaolin.

DAFTAR PUSTAKA

- Khatib, J.M. (2009). Low Temperature Curing of Metakaolin Concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, ASCE, Vol. 21, No. 8, pp. 362-367.
- Lisantono, A. dan Hatmoko, J.T. (2012). "The Compressive Strength of Geopolymer Concrete Made with Baggase Ash and Metakaolin", *Dinamika Teknik Sipil, Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, ISSN 1411-8904, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Volume 12, No. 1, Januari 2012, 6-10.
- Mediyanto, A., Safitri, E. dan Purnomo, S. (2010). Kajian Kuat Tekan Beton Ringan Metakaolin Berserat Aluminium Pasca Bakar, *Jurnal Media Teknik Sipil*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Volume X, No. 2, Juli 2010.
- SNI 03-6468. (2000). *Tata Cara Perencanaan Campuran Beton Berkekuatan Tinggi Dengan Semen Portland dan Abu Terbang*, Badan Standar Nasional.
- Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*, KMTS FT UGM, Yogyakarta.