

Kesan Penggunaan Metakaolin ke atas Kekuatan Mampatan Konkrit

Zuraidah Hashim^{1*}, Nurul Izza Abdul Ghani¹

¹Department of Civil Engineering, Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah, 25350 Kuantan, Pahang

*Corresponding author E-mail: zuraidahashim@polisas.edu.my

Abstrak

Metakaolin merupakan bahan bersimen tambahan yang bersifat pozolana dan digunakan sebagai bahan untuk menggantikan simen. Kajian ini adalah untuk menganalisis peratus penggunaan metakaolin yang paling optimum dalam meningkatkan kekuatan mampatan konkrit. Selain itu kesan metakaolin terhadap keboleherjaan konkrit juga dikaji berdasarkan peratus penggunaan metakaolin. Dalam kajian ini prestasi konkrit yang mengandungi pelbagai nisbah penggunaan Metakolin dibandingkan berdasarkan kajian lepas bagi menentukan kadar penggunaan optimum berbanding kekuatan mampatan dan keboleherjaan konkrit. Kadar peratus penggunaan Metakaolin yang dianalisis dalam kajian ini merangkumi nilai 5 %, 7 %, 9 %, 10%, 12 %, 15 % dan 20 %. Berdasarkan peratus penggantian metakolin ini, analisis terhadap peningkatan kekuatan paling maksimum dan sifat konkrit dari segi keboleherjaan ditentukan bagi mengenalpasti kadar penggantian yang paling optimum. Dapatan kajian mendapati kadar penggantian Metakaolin bagi tempoh pengawetan 28 hari adalah optimum diantara 10 % - 15 % bagi meningkatkan kekuatan mampatan konkrit. Analisis terhadap keboleherjaan konkrit juga mendapati semakin bertambah peratus penggantian metakolin semakin menurun kadar keboleherjaan konkrit. Metakaolin merupakan bahan alternatif yang mampu meningkatkan kekuatan mampatan konkrit jika digunakan secara optimum dan nisbah perkadaran penggantian yang betul. Oleh itu bagi mendapatkan hasil dan kekuatan yang optimum kadar penggantian Metakaolin di dalam bancuhan konkrit adalah 10 % - 15 %. Namun begitu kadar penggantian Metakolin yang lebih tinggi boleh digunakan dengan penggunaan bersama bahan tambah lain seperti *silica fume* dan Abu terbang serta *plasticizer* bagi meningkatkan sifat konkrit dari aspek keboleherjaan.

Kata Kunci: metakaolin; pozolana; kekuatan mampatan; keboleherjaan; konkrit; prestasi

1.0 PENGENALAN

Metakaolin (MK) merupakan satu bahan yang kaya dengan unsur kaolin (pozolana) dimana saiz zarah- zarahnya lebih kecil jika dibandingkan dengan zarah- zarah simen. Sumber bahan mentahnya iaitu kaolin memainkan peranan dalam menentukan kualiti dan kereaktifan MK. Kereaktifan MK adalah dua kali ganda lebih besar berbanding bahan pozolana lain. Ini menjadikan MK merupakan bahan tambah alternatif paling baik berbanding silika (Ding et al,2002). Nisbah yang disarankan bagi menggantikan MK dengan simen Portland ialah di antara 8 – 20 % dimana ia dapat menghasilkan campuran konkrit yang dapat menunjukkan sifat – sifat kejuruteraan yang baik seperti kesan dari sifat mekanikal dan ketahananlasakan konkrit. Menurut Justice et. all, 2005 peratus MK yang lazimnya digunakan bagi menggantikan simen adalah dalam kadar 5 – 20 %. Pengkaji – pengkaji lepas kebanyakannya menggunakan nisbah perkadaran sebanyak 5%, 10%, 15% dan 20% bagi setiap sampel ujikaji bagi menentukan kekuatan mampatan konkrit.

Oleh itu nisbah di antara peratus – peratus ini tidak dikaji dan dianalisis. Namun begitu kajian ini adalah untuk menganalisis nisbah penggunaan yang paling optimum dalam nisbah perkadaran ini. Wasap silika, abu terbang dan MK merupakan di antara bahan tambah yang boleh digunakan di dalam bancuhan konkrit. Bahan – bahan ini dipilih berdasarkan ciri fizikalnya yang sangat halus dan bersesuaian untuk menggantikan simen di dalam bancuhan konkrit.

Wasap silika dan abu terbang merupakan keluaran dari industri, manakala MK pula dihasilkan dari bahan semula jadi untuk penggunaan konkrit. Selain daripada itu ia dapat meningkatkan kekuatan mampatan konkrit dan membantu mengurangkan pencemaran udara. MK merupakan bahan bersimen yang digunakan sebagai bahan tambah atau penggantian simen di dalam bancuhan konkrit bagi menghasilkan konkrit berkekuatan tinggi. Pada semua umur, samada menggunakan gred konkrit dan nisbah air simen yang berbeza MK dapat menunjukkan prestasi yang sama iaitu meningkatkan kekuatan mampatan konkrit. Namun begitu kesan MK terhadap keboleherjaan konkrit semakin menurun mengikut pertambahan MK.

1.2 **Penyataan Masalah**

Simen merupakan satu bahan perlu di dalam pembuatan konkrit dan dalam industri pembinaan. Keperluannya samada di dalam pembinaan struktur atau lain – lain seperti mortar. Walaubagaimanapun, pengeluaran ataupun penghasilan simen dikaitkan dengan penghasilan atau pembentukan CO₂ yang dihasilkan ke udara ataupun alam sekitar. Ini menguatkan kenapa penggunaan simen perlu dikurangkan melalui penggunaan bahan tambah (Mindness, 2003).

Selain daripada itu di dapati penghidratan simen boleh menghasilkan sehingga 25% kalsium hidroksida. Kalsium hidroksida tidak memberikan apa – apa impak kepada nilai kekuatan ataupun ketahananlasakan konkrit (Girrad, 2006). Namun begitu di dapati Metakaolin mempunyai kandungan silika dan alumina yang tinggi iaitu 50 % - 55 % silika dan 40% - 45 % alumina (Poon, 2001). Bahan ini bertidakbalas dengan kalsium hidroksida yang dihasilkan daripada penghidratan simen ini bagi membentuk kalsium aluminat dan kalsium silikat terhidrat. Bahan ini dikenali juga sebagai bahan perekat dimana ianya bertanggungjawab bagi memegang dan mengikat zarah – zarah konkrit bersama. Semakin tinggi bahan ini terhasil berbanding kalsium hidroksida, semakin kuat konkrit yang dihasilkan.

Kajian ini menjadikan Metakolin sebagai pilihan kajian berbanding bahan tambah lain seperti wasap silica dan abu terbang. Ini disebabkan MK khusus dikeluarkan untuk digunakan di dalam konkrit bagi meningkatkan kekuatan konkrit. Manakala bahan lain seperti wasap silika dikeluarkan sebagai produk keluaran industry (BASF, 2007).

2.0 BAHAN DAN KAEDAH KAJIAN

Kajian ini adalah mengenai bahan bersimen Metakolin yang digantikan di dalam bancuhan konkrit pada perkadaran dan nisbah di antara 5 % - 20%. Metakaolin yang digunakan di dalam kajian ialah tanah liat Kaolin yang dipanaskan pada suhu melebihi 700oC. Gred konkrit yang dikaji di dalam kajian ini ialah gred 35 dengan menggunakan nisbah air simen 0.42, gred 40 dengan nisbah air simen 0.4 dan gred 90 dengan nisbah air simen 0.3.

Simen yang digunakan di dalam bancuhan ialah simen Portland, batu baur kasar bersaiz maksimum 20 mm dan aggregate halus bersaiz maksimum 5 mm. Kaedah analisis yang dilakukan adalah terhadap kekuatan mampatan konkrit dan keboleherjaan. Kaedah ujikaji yang digunakan ialah melalui ujian runtuh dengan menggunakan ujikaji runtuh standard untuk mengetahui sifat keboleherjaan konkrit dan ujian mampatan standard ke atas kiub konkrit bagi menentukan kekuatan mampatan konkrit. Data kekuatan mampatan yang diambil kira ialah nilai kekuatan mampatan 7 hari dan 28 hari. Berdasarkan dapatan pengkaji, nilainya dibandingkan untuk mendapatkan nilai yang optimum bagi menentukan objektif kajian. Data – data dari kajian lepas dan pengkaji di analisis dari aspek faktor kekuatan dan keboleherjaan untuk mendapatkan nilai peratusan yang paling optimum untuk digunakan sebagai pengganti di dalam bancuhan konkrit bagi mendapatkan kekuatan mampatan paling tinggi dan keboleherjaan konkrit yang baik.

3.0 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

3.1 Keboleherjaan

Jadual 1 menunjukkan data keputusan keboleherjaan konkrit dengan menggantikan sebahagian simen dengan Metakaolin dalam pelbagai peratus pada kadar dari 5% sehingga 20%. Menurut jadual 1 menunjukkan kadar runtuh berkurang dengan pertambahan metakaolin di dalam bancuhan konkrit.

Jadual 1: Data keboleherjaan Konkrit dengan Penggantian simen dengan Metakaolin

| No | % MK | Nisbah Air Simen | Gred Konkrit | Runtuhan(mm) |
|----|------|------------------|--------------|--------------|
| 1. | 0 | | | 25 |
| 2. | 7 | | | 5 |
| 3. | 9 | 0.4 | 40 | 0 |
| 4. | 12 | | | 0 |
| 5. | 0 | | | 63 |
| 6. | 5 | | | 61 |
| 7. | 10 | 0.42 | 35 | 56 |
| 8. | 15 | | | 52 |

| | | | | |
|-----|----|-----|----|-----|
| 9. | 20 | | | 45 |
| 10. | 0 | | | 130 |
| 11. | 5 | | | 110 |
| 12. | 10 | 0.3 | 90 | 110 |
| 13. | 15 | | | 100 |

Berdasarkan jadual 1 di atas, didapati walaupun kajian menggunakan nisbah air simen dan gred konkrit yang berbeza, jika metakaolin digantikan dalam bancuhan konkrit pada kadar nisbah 5% hingga 20 % , nilai keboleherjaan konkrit menurun dengan pertambahan MK di dalam bancuhan konkrit. Oleh itu peningkatan penggunaan MK mengurangkan nilai keboleherjaan konkrit. Nisbah penggantian yang optimum tidak melebihi 15 % daripada berat konkrit.

3.2 Kekuatan Mampatan

Jadual 2 memberikan data berkenaan kekuatan mampatan konkrit dengan penggantian 5% hingga 20% MK bagi menggantikan simen. Hasil kekuatan mampatan yang dianalisis adalah bagi 7 hari dan 28 hari. Berdasarkan jadual 2 menunjukkan bagi kajian yang berbeza, kekuatan bertambah dengan pertambahan masa pengawetan.

Jadual 2: Data Kekuatan Mampatan Konkrit bagi Penggantian simen dengan Metakolin

| No | % MK | Nisbah Air Simen | Gred Konkrit | Kekuatan Mampatan 7 hari | Kekuatan Mampatan 28 hari |
|----|------|------------------|--------------|--------------------------|---------------------------|
| 1. | 0 | | | 26.3 | 41.5 |
| 2. | 7 | | | 30.2 | 44.8 |
| 3. | 9 | 0.4 | 40 | 32.8 | 46.1 |
| 4. | 12 | | | 36.6 | 48.5 |
| 5. | 0 | | | 27.26 | 43.14 |
| 6. | 5 | | | 29.64 | 45.34 |
| 7. | 10 | 0.42 | 35 | 34.59 | 48.07 |
| 8. | 15 | | | 33.9 | 50.29 |
| 9. | 20 | | | 29.77 | 42.01 |

| | | | | | |
|-----|----|-----|----|-------|-------|
| 10. | 0 | | | 78.23 | 91.87 |
| 11. | 5 | | | 78.74 | 95.6 |
| 12. | 10 | 0.3 | 90 | 77.85 | 98.81 |
| 13. | 15 | | | 79.88 | 91.04 |

Berdasarkan jadual 2 di atas menunjukkan dengan menggunakan nisbah air simen dan gred konkrit yang berbeza nilai kekuatan mampatan konkrit tetap bertambah dengan pertambahan peratus penggantian MK di dalam bancuhan konkrit. Namun begitu kekuatan mampatan pada umur 28 hari menurun apabila nisbah MK melebihi 15 % penggantian. Hasil analisis menunjukkan peratus peningkatan kekuatan mampatan di antara 10 % hingga 37 % dengan konkrit yang mengandungi 10 % MK.

4.0 KESIMPULAN

Berdasarkan data analisis dari jadual 1 dan 2, berikut adalah kesimpulan kajian:

- 1) Kekuatan mampatan konkrit bertambah dengan pertambahan peratus metakaolin hanya sehingga kadar 15 % penggunaannya. Penggunaan yang melebihi peratus ini menurunkan kekuatan mampatan konkrit.
- 2) Kebolehkerjaan konkrit menurun dengan pertambahan peratus penggantian Metakolin.
- 3) Nisbah MK yang paling optimum berdasarkan kajian adalah 10% - 15% yang dapat meningkatkan kekuatan mampatan konkrit.
- 4) Penggunaan MK melebihi 15% merendahkan nilai kekuatan mampatan konkrit namun masih lagi mencapai kekuatan mampatan rekabentuk.

5.0 PENGHARGAAN

Setinggi penghargaan diucapkan kepada Pn Nurul Izza di atas segala bantuan dan kerjasama dalam menyiapkan hasil kajian ini. Tidak dilupakan buat semua rakan sekerja yang membantu dalam memberi idea dan bantuan bagi menyiapkan hasil kajian ini.

6.0 RUJUKAN

Basf Chemical Company . 2007. Metamax : High Reactivity Metakaolin Concrete Additives. [http://www. Basf.com](http://www.Basf.com).

Ding, J.T. and Li, Z.J. (2002), Effects of Metakaolin and Silica Fume on Properties of Concrete, *ACI Materials Journal*, 99(4): 393-398.

- Duna Samson, Musa Abdullah & Mohammed Abba - Gana (2016). Effect of Metakaolin on Compressive Strength of Concrete Containing Glass Powder, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, Vol 5, 136 -142.
- E. Badogiannis, S. Tsivilis, V. Papadakis & E. Chaniotakis (2002). The Effect of Metakaolin on Concrete Properties, In *Innovations and Development in Concrete Construction*, Dundee , 81-89.
- Er. Mohit & Er. Ravinder Kumar (2015). Effect of Metakaolin on the Strength Properties of Concrete, *International Journal of Computing and Corporate Research*, Vol 5, Issue 4.
- Girard, J. 2006. Benefits of metakaolin as a cement substitute. Concrete Countertop Institute. <http://www.concretenetwork.com>.
- Justice et all. (2005). Comparison of Two Metakaolins an a silica Fume Used as Supplementary Cementitious Materials, *Journal of Engineering Sciences*, Assiut University: 183- 199.
- Mohamed M. Rashwan, Abdel Rahman Megahed & Mohamed Sayed Essa (2015). Effect of Local Metakaolin on Properties of Concrete and its Sulphuric Acid Resistance, Washington D.C.
- Michael Zeljkovic (2009). Metakaolin Effects on Concrete Durability, University of Toronto.
- Mindness, S, Young, F.J & Darwin, D. 2003. *Concrete*, 2nd ed. Upper Saddle River : Prentice Hall.
- M. Si – Ahmed, A. Belakrouf & S. Kenai (2012). Influence of Metakaolin on the Performance of Mortars and Concretes, *International Journal of Civil and Strutral Engineering*, Vol 6, 1010- 1013.
- P. Dinakar, Pradosh K. Sahoo & G. Sriram (2013). Effect of Metakaolin on the Properties of High Strength Concrete, *International Journal of Concrete Structures and Materials*, vol 7, 215- 223.
- Poon, C.S, Lam, L, Kou, S.C, Wong, Y.L & Wong, R. 2001. Rate of pozzolanic reaction of metakaolin in high performance cement pastes. *Cement and Concrete Research*. **31(9)** :1301-1306.
- Satyendra Dubey, Rajiv Chandak & R.K. Yadav (2015). Effect of Metakaolin on Compressive Strength of Concrete; *Int. Journal of Engineering Research and Application*, Vol 5 , 80 – 82.
- Sanjeev Kumar & Rinku Saini (2015). Effect of Metakaolin Content on Fresh and Hardened Properties of Self Compacted Concrete, *International Journal of Computational Engineering Research*, Vol 05 , 30 – 36.
- Shan C Sabu, Rijuldas V & Aiswarya S (2016). Effect of Metakaolin on Various Properties of Concrete – An Overview; *IRJET*, vol 4 , 643-645.
- Sunny A.Jagtap, Mohan N. Shirsath, Shankar & Sambabhaji L. Karpe (2017). Effect of Metakaolin on the Properties of Concrete; *IRJET*, vol 4 , 643-645.
- Tsai Lung Weng, Wei Ting Lin & An Cheng (2013). Effect of Metakaolin on Strength and

Efflorescence Quantity of Cement Based Composite, The Scientific World Journal,
vol 2013.

Vikas Srivasta, Rakesh Kumar, Agarwal V.C & Mehta P.K (2012). Effect of Silica Fume and Metakaolin on Concrete, International Journal of Civil and Structural Engineering, Vol 2 , pp 893-900.

Vikas Srivasta, Rakesh Kumar & V.C Agarwal (2012). Metakaolin Inclusion : Effect on Mechanical Properties of Concrete, Youth Education and Research Trust, Vol 1 , pp 251- 253.

Zuraidah Hashim (2008). Kajian Terhadap Kesan Metakaolin Pada Konkrit Baru dan Perkembangan Kekuatan Mampatan Konkrit Keras, UKM.