

Komparasi Abu Batu Sebagai Substitusi Pasir Untuk Mengurangi Harga Pokok Produksi Dalam Pembuatan Beton

**Ranti Hidayawanti¹; Imam Widjoyo¹; Hannisyah Nur Fadila Febriany¹;
Shanty Rizki Nurbaety¹**

1. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan
Institut Teknologi PLN, DKI Jakarta 11750, Indonesia

^{*)}Email: imam1921001@itpln.ac.id

ABSTRACT

By using artificial sand (Msand) instead of natural sand, the manufacturing cost of concrete manufacturing can be reduced by 20%. In the production of this concrete, metakaolin can be added to the concrete mixture as a binder to make eco-friendly concrete. This concrete also has high elasticity and strength. Metakaolin is a fine powder of pozzolan, which is environmentally friendly. The methodology used in this paper is a literature study method from previous studies. This topic is based on literature discussing the effects of adding metakaolin to rock lime instead of natural sand. This is due to the manufacturing costs of producing concrete mixtures and environmentally friendly concrete. The result of this comparison is efficiency in terms of production costs resulting from the contribution of the production ratio of sand material (Msand) to concrete production.

Keywords: *Manufactured sand, natural sand, metakaolin, cost of production*

ABSTRAK

Dengan menggunakan pasir buatan (Msand) sebagai pengganti pasir alam, biaya produksi pembuatan beton dapat ditekan hingga 20%. Dalam produksi beton ini, metakaolin dapat ditambahkan ke dalam campuran beton sebagai bahan pengikat untuk membuat beton yang ramah lingkungan. Beton ini juga memiliki elastisitas dan kekuatan yang tinggi. Metakaolin adalah bubuk halus pozzolan, yang ramah lingkungan. Metodologi yang digunakan dalam penulisan ini adalah metode studi literatur dari penelitian-penelitian sebelumnya. Topik ini didasarkan pada literatur yang membahas efek penambahan metakaolin ke kapur batu, bukan pasir alami. Hal ini dikarenakan biaya produksi untuk memproduksi campuran beton dan beton yang ramah lingkungan. Hasil dari perbandingan ini adalah efisiensi dari segi biaya produksi yang dihasilkan dari kontribusi rasio produksi material pasir (Msand) terhadap produksi beton.

Kata kunci: *Abu batu, pasir alam, metakaolin, harga pokok produksi*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan konstruksi di Indonesia terjadi begitu pesat, sudah cukup banyak penelitian yang sudah dilakukan untuk mengembangkan teknologi konstruksi mulai dari bahan konstruksi sampai teknologi yang digunakan dalam konstruksi itu sendiri, dengan agregat halus buatan adalah pendekatan yang efektif untuk mengurangi penipisan sumber daya alam dan lingkungan dampak industri beton semen [1]. Bahan adalah peran utama dalam proyek konstruksi dan juga komponen biaya utama dalam konstruksi sektor, bahan dapat mengambil 50% dan di atas dari total biaya proyek [2]. Pembuatan beton berbasis abu batu dengan metakaolin sebagai substitusi pasir dan semen dapat membantu mengatasi masalah besar yang diperhatikan defisit bahan bangunan. Selain itu, penggunaan lokal bahan alami yang tersedia memudahkan pembuatan beton dan mengurangi biaya konstruksi. Beton yang menggunakan abu batu dan Metakaolin berperan dalam menanggapi iklim kendala (isolasi) [3]. Abu batu populer sebagai pasir buatan mesin, pasir buatan dan pasir batu pecah. Abu batu telah digunakan untuk produk dan rekayasa aplikasi beton pracampur dengan sebagian dan sepenuhnya menggantikan pasir sungai di konkret. Selanjutnya, telah digunakan dalam bobot yang ringan beton agregat, semen yang direkayasa komposit dan mortar pasangan bata [4]. Pada campuran beton, Agregat menempati sebagian besar volume beton (50% sampai dengan 80%), sehingga jenis dan kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap sifat dan mutu beton. Agregat bertindak sebagai pengisi dalam campuran beton, dan agregat yang baik meminimalkan pori-pori dalam beton, sehingga meningkatkan kekuatannya. Agregat sendiri dibagi menjadi dua bagian yaitu agregat kasar dan agregat halus. [5]. Pasir merupakan salah satu penyusun utama pembuatan beton yaitu sekitar 35% dari volume beton digunakan dalam industri konstruksi. Untuk memenuhi persyaratan agregat halus, beberapa bahan alternatif harus ditemukan [6]. Sekarang pasir alam menjadi bahan yang sangat langka, dalam situasi ini penelitian dimulai untuk bahan alternatif pengganti pasir alam yang murah dan mudah didapat. Beberapa bahan alternatif sudah digunakan sebagai bagian dari pasir alam misalnya abu batu yang digunakan dalam campuran beton sebagai pengganti sebagian pasir alam [7]. Cara termurah dan termudah untuk mendapatkan pengganti pasir alami adalah dengan mencampurkan abu batu dengan pasir sehingga dapat menekan kebutuhan biaya bahan baku hingga sebesar 22% dan memberikan efisiensi biaya produksi hingga 13% [8]. Beton yang dibuat dari campuran abu batu dengan pasir alam di beton dapat mencapai kuat tekan yang sama, kekuatan tarik yang sebanding, modulus pecah dan tingkat susut yang lebih rendah sebagai beton yang sudah sesuai standar. Beton normal tidak memiliki kekuatan dan daya tahan yang sesuai standar, dan yang lebih sering dibutuhkan untuk beton pada struktur beton konstruksi gedung bertingkat dan jembatan. Karena aktivitas konstruksi yang sedang familiar, pasir alam menjadi langka karena kelebihan metode penambangan non ilmiah dari dasar sungai. Untuk alasan ini perlu untuk menghasilkan beton dengan kekuatan dan kinerja yang lebih baik, dengan bahan yang sesuai [9]. Dengan penambahan zat metakaolin pada campuran pembuatan beton bisa meningkatkan kualitas pengikat pada beton, zat Pozzolan diperoleh dari bahan kaolin yang telah mengalami perlakuan panas pada suhu 500 ° C sampai 900 ° C, berbentuk serbuk halus, dan merupakan zat ramah lingkungan yang disebut zat metakaolin. Zat metakaolin dapat digunakan sebagai pengganti semen, dan senyawa silika yang terkandung dalam zat metakaolin bereaksi dengan hidrokarbon (CH) yang dihasilkan dari kombinasi air dan semen membentuk senyawa kalsium silikat hidrat (CSH). Senyawa ini juga berfungsi sebagai perekat. Sebagai bahan pengisi untuk meningkatkan kuat tekan beton. [10]. Dari hasil penelitian terdahulu terkait komparasi abu batu sebagai bahan substitusi pasir alam dengan penambahan Metakaolin sebagai zat *additive* dalam rangka untuk melihat Harga Pokok Produksi (HPP) beton dengan memperhatikan kualitas ketahanan beton.

1.1. State of the Art

State of the art dari penulisan ini yaitu melihat dampak dari pemanfaatan abu batu dalam rangka menunjang konsep *green technology*. Hal ini bisa saja berarti bahwa dapat mengurangi over eksploitasi terhadap pasir alam dan mengembangkan pendekatan pemanfaatan dan produksi abu batu. Selain yang telah disebutkan diatas, penggunaan abu batu dapat mereduksi penggunaan pasir alam sehingga dapat menekan biaya pokok produksi dalam pembuatan beton, begitu juga dengan penggunaan metakaolin sebagai bahan substitusi semen portland. Abu batu turut berkontribusi pada kekuatan ketahanan beton jika menjadi salah satu bahan campuran pembuatannya.

Tabel 1. *State of the Art* Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Tahun	Judul	Metode
Hidayawanti, et all	2018	<i>Utilization Manufactured Sand as Fine Aggregate For Concrete Quality [1]</i>	Regresi Linear
Hidayawanti, et all	2020	<i>The Effect of m-sand and waste marble for strength of concrete[11]</i>	Regresi Linear
Madhavarao, et all	2018	<i>Critical analysis of material management technology in construction projects [2]</i>	S-Curve, ABC Analysis
Khalil Lazaar, et all	2020	<i>Metakaolin and rubble in eco-based sand compression concrete [3]</i>	Geological settings and Geological settings
Zimar, et all	2018	<i>Effect of artificial sand as a substitute for fine grains Effect of artificial sand as a substitute for fine grains [4]</i>	Eksperimental
Supriadi, et all	2020	Optimalisasi Penggunaan Abu Batu Sebagai Pengganti Pasir Dalam Campuran Beton [5]	Eksperimental
Jaishankar, et all	2016	<i>Experimental study on concrete strength using metakaolin and MSand [6]</i>	Experimental study
Jaiganesh, et all	2017	<i>An Investigation of Using Aerocon Block and M-Sand in Constructing Low Cost Housing [7]</i>	Low cost housing
Manju, et all	2016	<i>Concrete durability research, MSAdda Replace natural sand in review [9]</i>	Literature review
Wibowo, et all	2018	Kajian Pengaruh Variasi Metakaolin Terhadap Parameter Beton Memadat Mandiri Mutu Tinggi [10]	Eksperimental

Nama Peneliti	Tahun	Judul	Metode
Handayani, et all	2019	Manfaat Limbah Abu Batu Sebagai Tambahan Material Bahan Bangunan [8]	Studi literatur dan kajian pustaka
Badan Standardisasi Nasional	2000	SNI 03-6468-2000 Tata cara perencanaan campuran tinggi dengan semen portland dengan abu terbang [12]	
American Society of Testing and Materials	2014	ASTM C136 / C136M 19: Standard test method for sieving analysis of fine and coarse aggregates	
ASTM C 29	1997	<i>ASTM C29 / 29M Bulk Density ("Unit Weight") and Aggregate Voids</i>	
ASTM International	2015	<i>ASTM C128 15: Standard test method for relative weight (specific gravity) and absorption of fine aggregate.</i>	
C. Sand	2008	<i>Geotechnical and Structures Laboratory</i>	
Wibowo, et all	2015	<i>Dengan Variasi Komposisi Metakaolin</i>	Eksperimental

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pengujian Standar Agregat Kasar dan Halus

Semen Portland biasa digunakan dalam hal pembuatan campuran beton. Agregat kasar dan pasir sungai, Karakterisasi bahan agregat kasar, pasir sungai dan abu batu diuji untuk mengkarakterisasi sifat-sifatnya untuk memastikan kesesuaian untuk memproduksi beton. Tabel 2 menunjukkan pengujian yang dilakukan dan jenis bahan dengan metode uji standar [4].

Tabel 2. Pengujian dan Standarnya Untuk Agregat Kasar dan Agregat Halus [4]

Pengujian	Metode
Uji analisis saringan	ASTM C136 [13]
Kepadatan massal	ASTM C29 [14]
Gravitasi Spesifik dan Air Penyerapan untuk Kasar	ASTM C127 [15]
Gravitasi Spesifik dan Air Penyerapan untuk Agregat Halus	ASTM C128 [16]
Kandungan lempung dan lanau pasir	ASTM C33 [17]

2.2. Rancang Campur Beton

Sampel yang dihasilkan adalah beton *self-filling high-strength* HSSCC dengan metakaolin dan berbagai koefisien air semen (FAS). Desain Campuran Beton Terkompresi mengacu pada standar ASTM C29 untuk menguji kepadatan curah beton. Beton mutu tinggi yang dijelaskan dalam SNI 0364682000 didefinisikan sebagai beton dengan kuat tekan yang dipersyaratkan lebih besar dari 41,4 MPa. Cara untuk mencapai mutu beton yang tinggi adalah dengan meningkatkan mutu komponen-komponennya, misalnya kekerasan dan kehalusan agregat partikel semen. [18].

Tabel 3. Rancang Campur Beton HSSCC [10]

Nama Benda Uji	FAS (w/c)	Air (lt/m ³)	Agregat Halus (kg/m ³)	Agregat Kasar (kg/m ³)	Semen (kg/m ³)	Metakaolin (kg/m ³)	Superplasticizer (lt/m ³)
MK 0%	0.27	162,00	921,13	765,98	600,00	0,00	10,20
	0.29	174,00	903,79	751,57			
	0.31	186,00	886,45	737,15			
MK 12,5%	0,27	162,00	914,64	760,59	525,00	75,00	10,20
	0,29	174,00	897,30	746,17			
	0,31	186,00	879,96	731,75			
MK 17,5%	0,27	162,00	912,04	758,43	495,00	105,00	10,20
	0,29	174,00	894,70	744,01			
	0,31	186,00	877,36	729,59			
MK 22,5%	0,27	162,00	909,44	756,27	465,00	135,00	10,20
	0,29	174,00	892,10	741,85			
	0,31	186,00	874,77	727,43			
MK 27,5%	0,27	162,00	906,85	754,11	435,00	165,00	10,20
	0,29	174,00	889,51	739,69			
	0,31	186,00	872,17	725,27			

2.3. Pengujian Kuat Tekan Beton

Setelah beton berumur 28 hari, Anda dapat menguji kuat tekan beton menggunakan alat uji kompresi (CTM). Pengujian kuat tekan dilakukan untuk memastikan bahwa beton yang diperoleh merupakan beton mutu tinggi, dan beton mutu tinggi adalah beton yang mempunyai kuat tekan melebihi 41,4 MPa menurut standar SNI 03 – 6468 – 2000.[12].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan tabel pertama, abu batu memiliki ukuran standar seperti pasir alam yang biasa digunakan dalam campuran pembuatan beton, maka dari itu abu batu menjadi bahan material yang layak digunakan sebagai substitusi pasir dalam pembuatan campuran beton sehingga dapat mengurangi penggunaan pasir alam dan berdampak mengurangi harga pokok produksi dalam pembuatan campuran beton dan pada pengangkatan pasir sungai dari dasar sungai, berdampak pada lingkungan dalam banyak hal, karena penggalian pasir dari dasar sungai mengurangi tinggi air, sehingga lebih sedikit perkolasi air hujan di tanah, yang mengakibatkan permukaan air tanah lebih rendah. Akar pohon mungkin tidak bisa mendapatkan air. Air hujan mengalir di sungai lebih banyak mengandung kotoran. Erosi tanah di dekatnya karena pengangkatan pasir berlebih Gangguan karena

untuk menggali pasir & mengangkat, menghancurkan flora & fauna di sekitarnya. Jalan desa penghubung akan rusak berat akibat truk yang kelebihan muatan, sehingga jalan menjadi masalah bagi pengguna jalan dan juga menjadi rawan kecelakaan. Berkurangnya Sungai Alami atau dasar sungai, tidak tersedia untuk generasi mendatang. Dalam penggunaan material abu batu dengan berkurangnya komposisi pasir yang digunakan serta semen yang berkurang terdapat selisih sebesar Rp. 25.000,-/ m³ [19]. Contoh penggunaan komposisi beton, apabila diperlukan produksi yang besar maka akan mengurangi biaya produksi yang diperlukan.

Berdasarkan Tabel 3, beton isi ulang kinerja tinggi (HSSCC) diproduksi dengan koefisien air semen (FAS) yang bervariasi dan penambahan metakaolin. Data tabel tersebut terbukti bahwa semakin banyak metakaolin yang digunakan, maka semakin sedikit persentase semen yang digunakan dalam pembuatan campuran beton yang berdampak akan menekan harga pokok produksi pada pembuatan beton.

4. KESIMPULAN

Dari hasil studi literatur yang menjadi sumber referensi yang digunakan, bahwa, abu batu yang sifat dan ukurannya sama seperti pasir atau agregat halus dapat menjadi bahan material substitusi dari pasir alam, juga dapat melestarikan Sungai yang selalu diambil pasirnya didasar sungai tersebut dan dapat mengurangi biaya dalam pembuatan beton.

Metakaolin juga menjadi bahan material substitusi semen yang dapat menekan harga pokok produksi (HPP) dalam pembuatan beton, karena metakaolin merupakan zat pozzolan yang daya ikatnya sama seperti semen Portland yang biasa digunakan dalam campuran pembuatan beton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Rektor IT PLN dan LPPM IT PLN dengan hibah internal nomor SK: 0124.SK/1/A0/2021 tanggal 27 April 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. I. Hidayawanti Ranti, Legino Supriadi, "Utilization Manufactured Sand as Fine Aggregate For Concrete Quality," vol. 2018, no. July, pp. 45–51, 2018.
- [2] B. Madhavarao, K. Mahindra, and S. S. Asadi, "A critical analysis of material management techniques in construction project," *Int. J. Civ. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 4, pp. 826–835, 2018.
- [3] K. Lazaar, W. Hajjaji, B. Moussi, F. Rocha, J. Labrincha, and F. Jamoussi, "Metakaolin and demolition wastes in eco-based sand consolidated concrete," *Bol. la Soc. Esp. Ceram. y Vidr.*, vol. 60, no. 4, pp. 229–242, 2020, doi: 10.1016/j.bsecv.2020.02.004.
- [4] Z. Zimar and S. Jayakody, "Effect of Manufactured Sand As a Replacement for Fine Effect of Manufactured Sand As a Replacement for Fine," no. October, 2018.
- [5] Supriadi and M. Eri S. Romadhon, "Optimalisasi Penggunaan Abu Batu Sebagai Pengganti Pasir Dalam Campuran Beton," *J. Tek. Sipil*, vol. 19, no. 1, pp. 34–48, 2020.
- [6] P. Jaishankar and V. Eswara Rao, "Experimental study on strength of concrete by using metakaolin and M-Sand," *Int. J. ChemTech Res.*, vol. 9, no. 5, pp. 446–452, 2016.
- [7] K. Jaiganesh and S. Dinesh, "An Investigation of Using Aerocon Block and M-Sand in Constructing Low Cost Housing," *IOSR J. Mech. Civ. Eng.*, vol. 14, no. 03, pp. 70–75, 2017, doi: 10.9790/1684-1403017075.
- [8] F. Handayani, "Manfaat Limbah Abu Batu Sebagai Tambahan Material Bahan Bangunan," *S2Tekniksipil.Ulm.Ac.Id*, pp. 59–68, 2019, [Online]. Available:

- <http://s2tekniksipil.ulm.ac.id/wp-content/uploads/2020/02/7.-Fitria-Handayani.pdf>.
- [9] M. Manju and A. N. K, “Durability Studies on Concrete by Replacing Natural Sand with M-Sand-A Review,” *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, vol. 6, no. 3, pp. 3–7, 2016.
 - [10] W. Wibowo, E. Safitri, and L. F. Fatoni, “Kajian Pengaruh Variasi Metakaolin Terhadap Parameter Beton Memadat Mandiri Mutu Tinggi,” *Matriks Tek. Sipil*, vol. 6, no. 3, pp. 513–520, 2018, doi: 10.20961/mateksi.v6i3.36560.
 - [11] R. Hidayawanti, Yuhanah, D. Mayasari, and B. Wicaksono, “The effect of m-sand and waste marble for strength of concrete,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 930, no. 1, pp. 0–7, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/930/1/012024.
 - [12] Badan Standardisasi Nasional, Sni 03-6468-2000 Tata cara perencanaan campuran tinggi dengan semen portland dengan abu terbang. 2000.
 - [13] American Society of Testing and Materials., “ASTM C136/C136M - 19: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates,” *Annu. B. ASTM Stand.*, 2014.
 - [14] ASTM C 29, “ASTM C29/29-M Bulk Density (‘Unit Weight’) and Voids in Aggregate,” *Bulk Density (‘unit Weight. Voids Aggreg.*, vol. 04, no. 2004, 1997.
 - [15] ASTM C127, “ASTM C127 Standard Test Method for Density , Relative Density (Specific Gravity), and Absorption,” *ASTM Stand. B.*, no. September, 2015.
 - [16] ASTM International, “ASTM C128 - 15: Standard Test Method for Relative Gravity (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate.,” *Annu. B. ASTM Stand.*, 2015.
 - [17] C. Sand, *Geotechnical and Structures Laboratory*, no. February. 2008.
 - [18] P. Studi, T. Sipil, U. S. Maret, J. Ir, and S. A. Surakarta, “Dengan Variasi Komposisi Metakaolin,” pp. 1–11, 2015.
 - [19] R. Hidayawanti, S. Legino, I. Sangadji, and R. P. A. Widodo, “The efficiency of fly ash and cement slag to development building,” *Int. J. GEOMATE*, vol. 16, no. 57, pp. 95–100, 2019, doi: 10.21660/2019.57.4857.