

RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL

PRODI TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS JANABADRA

Perbedaan Komitmen Dan Kinerja Antara Manajer Proyek Konstruksi Besar dengan Manajer Proyek Konstruksi Kecil Menggunakan Pendekatan Analisis Diskriminan (Sahadi)

Analisis Keberhasilan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Ditinjau Dari Biaya, Waktu, Dan Mutu
(Widya Kartika , Buddewi Sukindrawati)

Analisis Perbandingan Debit Rancangan Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Snyder, ITB-2 dan Limantara, Studi Kasus Sungai Code Yogyakarta (Nizar Achmad, Titiek Widyasari dan Fuji Handayani)

Peningakatan Kekuatan dan Kekakuan Profil C dengan Pengaku Rangka Tipe Warren (Prasetya Adi, Sukamto)

Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Bentonit Terhadap Kuat Tekan Beton (Bing Santosa, Barata)

Kajian Ulang Hidrologi Dan Hidrolika Bendung Kamijoro (Whisnu Bagus Riyadi, Tania Edna Bhakty, Nizar Achmad)

Efisiensi Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Konstruksi dengan Metode Value Engineering

Proyek Jalan Lemah Abang, Kabupaten Gunungkidul (Sarju)

DEWAN EDITORIAL

Penerbit : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra

Ketua Penyunting

(Editor in Chief) : Dr. Tania Edna Bhakty, ST., MT.

Penyunting (Editor) : 1. Dr. Endro Prasetyo W, S.T., M.Sc., Universitas Lampung
2. Dr. Ir. Edy Sriyono, M.T., Universitas Janabadra
3. Dr. Nindyo Cahyo K, S.T., M.T., Universitas Janabadra
4. Sarju, ST., M.T., Universitas Janabadra

Alamat Redaksi : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra

Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55-57, Yogyakarta 55231

Telp./Fax: (0274) 543676

Email: tania@janabadra.ac.id

Website: <http://e-jurnal.janabadra.ac.id/>

Frekuensi Terbit : 2 kali setahun

JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL adalah media publikasi jurusan Teknik Sipil Universitas Janabadra, Yogyakarta yang diterbitkan secara berkala pada bulan April dan Oktober. Jurnal ini mempublikasikan hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Naskah yang masuk akan dievaluasi oleh Penyunting Ahli. Redaksi berhak melakukan perubahan pada tulisan yang layak muat demi konsistensi gaya, namun tanpa mengubah maksud isinya.

DAFTAR ISI

1. Perbedaan Komitmen Dan Kinerja Antara Manajer Proyek Konstruksi Besar Dengan Manajer Proyek Konstruksi Kecil Menggunakan Pendekatan Analisis Diskriminan (Sahadi) 1 - 13
2. Analisis Keberhasilan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Ditinjau Dari Biaya, Waktu, Dan Mutu (Widya Kartika , Buddewi Sukindrawati) 14 - 23
3. Analisis Perbandingan Debit Rancangan Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Snyder, ITB-2 Dan Limantara, Studi Kasus Sungai Code Yogyakarta (Nizar Achmad, Titiek Widyasari dan Fuji Handayani) 24 - 33
4. Peningakatan Kekuatan dan Kekakuan Profil C dengan Pengaku Rangka Tipe Warren (Prasetya Adi, Sukamto) 34 - 39
5. Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Bentonit Terhadap Kuat Tekan Beton (Bing Santosa, Barata) 40 - 46
6. Kajian Ulang Hidrologi Dan Hidrolika Bendung Kamijoro (Whisnu Bagus Riyadi, Tania Edna Bhakty, Nizar Achmad) 47 - 53
7. Efisiensi Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Konstruksi dengan Metode *Value Engineering* Proyek Jalan Lemah Abang, Kabupaten Gunungkidul (Sarju) 54 - 63

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah Tuhan Yang Maha Esa atas terbitnya **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** Volume 6, Nomor 1, Edisi April 2020. Jurnal ini menampilkan tujuh artikel di bidang Teknik Sipil.

Penerbitan **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** ini adalah bertujuan untuk menjadi salah satu wadah berbagi hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Harapan kami semoga naskah yang tersajidapat menambah pengetahuan dan wawasan di bidangnya masing-masing.

Redaksi

Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Bentonit Terhadap Kuat Tekan Beton

Bing Santosa¹, Barata²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, Yogyakarta

Email : bing.santosa@gmail.com

² Program Studi Teknik Sipil, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, Yogyakarta

Email : barataptr4@gmail.com

Abstract

Indonesia is a develop country that built many buildings, so cement demand for construction is very high. For reduce cement using, needed pozzoland as cement substitution but can increase strength. On of pozzolands that available in great quantities in Indonesia is bentonite.

This research about concrete strength with bentonite as pozzoland as cement substitution. Percentage of pozzoland as cement substitution are 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, 20%. The age of specimens test are 28 days.

The result of this research are chemical composition in bentonite fulfill of condition as natural pozzoland, the lowest slump is 6.0 mm is obtained by 20% bentonite as substitution cement, the maximum slump value is 65.5 mm is obtained by 0% bentonite as substitution cement, slump value decrease along with additional bentonite percentage. The minimum concrete compression is 14.99 MPa obtained by 20 % bentonite as substitution cement and the maximum concrete compression is 26.53 MPa obtained by 7.5 % bentonite as substitution cement.

Keywords: bentonite, slump, concrete compression.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara berkembang yang banyak melaksanakan pembangunan, baik gedung, bendungan, jembatan, maupun jalan. Beton merupakan salah satu jenis bahan bangunan yang banyak digunakan dibandingkan dengan bahan-bahan lain seperti kayu dan baja. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi beton pada saat ini telah mengalami kemajuan yang sangat pesat, itu terbukti dengan berbagai macam beton, mulai dari beton mutu tinggi sampai dengan beton ringan. Bahan beton pada umumnya yang digunakan sampai saat ini adalah semen, pasir, kerikil atau batu pecah. Pemanfaat material ini lebih dipengaruhi karena melimpahnya ketersediaan sumber daya yang dibutuhkan sehingga dapat menekan biaya konstruksi yang harus disediakan. Hal ini ditandai dengan tingkat konsumsi semen domestik yang mencapai 64,8 juta ton pada tahun 2016 dengan tingkat pertumbuhan konsumsi semen diperkirakan sebesar 7% per tahun (Anonim, Asosiasi Semen Indonesia, Semen, 2016).

Melihat permasalahan tersebut, penggantian sebagian semen dengan pozolan alami pada campuran beton segar dapat menghemat biaya dan memperkuat kualitas beton. Tersedianya bahan pozolan alami di Indonesia ini belum termanfaatkan dengan maksimal dalam penelitian ini diharapkan dapat ditemukan bahan pozolan alami yang dimiliki oleh Indonesia dan tersedia dalam jumlah yang banyak, sehingga dapat menjadi solusi sebagai bahan tambah campuran beton yang dapat mengganti sebagian jumlah semen. Indonesia memiliki salah satu bahan mineral alami yaitu bentonit yang merupakan bahan yang tersedia dalam jumlah banyak, namun material ini belum dimanfaatkan secara maksimal sebagai bahan untuk mengurangi sebagian semen pada campuran beton.

Sebagai bahan yang dapat ditemukan di berbagai wilayah Indonesia dan memiliki potensi yang sangat baik bentonit dapat dimanfaatkan sebagai bahan pozolan alami karena bahan ini memiliki kandungan unsur pozolanik yang sangat tinggi, namun potensi ini belum diketahui secara aplikatif dengan proses produksi semen. Tersedianya deposit pozolan alami yang melimpah menawarkan berbagai keuntungan yaitu; (1) murah karena tersebar secara luas di wilayah Indonesia, (2) dapat menggantikan sebagian semen pada adukan beton, (3) merupakan pozolan alami.

Berdasarkan permasalahan di atas penelitian ini mengkaji tentang pengaruh penggantian sebagian semen dengan bentonit terhadap kuat tekan beton. Persentase bentonit sebagai pengganti sebagian semen sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20% dari berat semen.

2. Bentonit

Bentonit adalah bahan alam yang tersebar luas di Indonesia. Bentonit adalah *clay* yang sebagian besar terdiri dari *montmorillonite* dengan mineral-mineral seperti *kwarsa*, *kalsit*, *dolomit*, *feldspars*, dan mineral lainnya. *Montmorillonite* merupakan bagian dari kelompok *smectit* dengan komposisi kimia secara umum $(Mg,Ca)O \cdot Al_2O_3 \cdot 5SiO_2 \cdot nH_2O$. Nama *montmorillonite* itu sendiri berasal dari Prancis pada tahun 1847 untuk penamaan sejenis lempung yang terdapat di *Montmorillon* Prancis yang dipublikasikan pada tahun 1853–1856 (Anonim, Wikipedia Bentonit, 2016). Bentonit berbeda dari *clay* lainnya karena hampir seluruhnya (75%) merupakan mineral *montmorillonite*. Mineral *montmorillonite* terdiri dari partikel yang sangat kecil sehingga hanya dapat diketahui melalui studi menggunakan XRD (X-Ray Difraction). Menurut (Supeno, 2007), berdasarkan kandungan *alumino silikat hidrat* yang terdapat dalam

bentonit, maka bentonit tersebut dapat dibagi menjadi dua golongan :

- a. *Activated clay*, merupakan lempung yang mempunyai daya pemucatan yang rendah.
- b. *Fuller's earth*, merupakan lempung yang secara alami mempunyai sifat daya serap terhadap zat warna pada minyak, lemak, dan pelumas.

2.1. Tipe Bentonit

Bentonit dibagi menjadi dua, yaitu :

a. *Na-bentonite*

Na-bentonite memiliki daya mengembang hingga delapan kali apabila dicelupkan ke dalam air, dan tetap terdispersi beberapa waktu di dalam air. Pada keadaan kering berwarna putih atau krem, dalam keadaan basah dan terkena sinar matahari akan berwarna mengkilap. Suspensi koloidal mempunyai PH: 8,5-9,8. *Na-bentonite* dimanfaatkan sebagai bahan perekat, pengisi, lumpur bor, sesuai sifatnya mampu membentuk suspensi koloidal setelah bercampur dengan air.

b. *Ca-bentonite*

Tipe *Ca-bentonite* ini kurang mengembang apabila dicelupkan ke dalam air, tetapi secara alami setelah diaktifkan mempunyai sifat menghisap yang baik. Suspensi *koloidal* mempunyai PH: 4-7. Pada keadaan kering berwarna abu-abu, biru, kuning, merah, coklat. *Ca-bentonite* banyak dipakai sebagai bahan penyerap dengan penambahan zat kimia pada kondisi tertentu atau pengikat bahan kimia. *Ca-bentonite* dapat dimanfaatkan sebagai bahan lumpur bor setelah melalui pertukaran ion, sehingga terjadi perubahan menjadi *Na-bentonite* dan diharapkan menjadi peningkatan sifat reologi dari suspensi mineral tersebut (Anonim, Tekmira, Bentonit, 2005).

3. Proses Terjadinya Bentonit

Menurut (Supeno, 2007), asal mula terjadinya endapan bentonit ada 4, yaitu ;

a. Terjadi karena Proses Pelapukan Batuan

Faktor utama yang menyebabkan pelapukan batuan adalah komposisi kimiawi mineral batuan induk dan kelarutannya dalam air. Mineral-mineral utama dalam pembentukan bentonit adalah *plagioklas*, *kalium-feldspar*, *biotit*, *muskovit*, serta sedikit kandungan senyawa *alumina* dan *ferromagnesia*. Faktor yang mempengaruhi pelapukan batuan ini adalah iklim, jenis batuan, relief, dan tumbuh-tumbuhan yang berada di atas bantuan tersebut. Pembentukan bentonit sebagai hasil pelapukan batuan dapat juga disebabkan oleh adanya reaksi antara ion-ion hidrogen yang terdapat di dalam air dan di dalam tanah dengan persenyawaan silikat yang terdapat di dalam air dan batuan.

b. Terjadi karena Proses Hidrotermal di Alam

Proses batuan mempengaruhi alternasi yang sangat lemah, sehingga mineral-mineral yang

kaya akan magnesium, seperti *biotit* cenderung membentuk mineral *klorit*. Kehadiran unsur-unsur logam alkali dan alkali tanah (kecuali *kalium*), mineral *mika*, *ferromagnesia*, *feldspar*, dan *plagioklas* pada umumnya akan membentuk *montmorillonite*, terutama disebabkan karena adanya unsur magnesium. Larutan hidrotermal merupakan larutan yang bersifat asam dengan kandungan *klorida*, *sulfur*, karbon dioksida, dan *silika*. Larutan alkali ini selanjutnya akan terbawa keluar dan bersifat basa, kemudian akan tetap bertahan selama unsur alkali tanah tetap terbentuk sebagai akibat penguraian batuan asal dan adanya unsur alakali tanah akan membentuk bentonit.

c. Terjadi karena Proses Transformasi

Proses transformasi (pengabuan) abu vulkanis yang mempunyai komposisi gelas akan menjadi mineral lempung yang lebih sempurna, terutama pada daerah danau, lautan, dan cekungan sedimentasi. Transformasi dari gunung berapi yang sempurna akan terjadi apabila debu gunung berapi diendapkan dalam cekungan seperti danau dan air. Bentonit yang terjadi akibat proses transformasi pada umumnya bercampur dengan sedimen laut lainnya yang berasal dari daratan, seperti batu pasir dan danau.

d. Terjadi karena Proses Pengendapan Batuan

Proses pengendapan bentonit secara kimiawi dapat terjadi sebagai endapan sedimen dalam suasana basa (alkali), dan terbentuk pada cekungan sedimen yang bersifat basa, dimana unsur pembentuknya antara lain: *kabonat*, *silika*, *fosfat*, dan unsur lainnya yang bersenyawa dengan unsur *alumunium* dan *magnesium*.

4. Pemanfaatan Bentonit

Selama ini, bentonit antara lain telah dimanfaatkan sebagai; (1) absorben atau pemucat pada industri minyak sawit, (2) katalis reaksi kimia, (3) penukar ion, (4) lumpur bor, (5) bahan stabilisasi tanah, (6) bahan baku kosmetik, (7) bahan tambah makanan ternak. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Supeno, 2007), bentonit memiliki kandungan kimia sebagai berikut:

Tabel 1. Kandungan Kimia Bentonit

Sumber: (Supeno, 2007)

Komposisi	Percentase Massa (%)
Kalsium oksida (CaO)	0,23
Magnesium oksida (MgO)	0,98
Aluminium oksida (Al ₂ O ₃)	13,45
Ferri oksida (Fe ₂ O ₃)	2,18
Silika (SiO ₂)	74,9
Kalium oksida (K ₂ O)	1,72
Air	4

Apabila mencermati Tabel 2. di atas dan dibandingkan dengan persyaratan dalam (Anonim, Standard ASTM C 618-05, Specification For Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzoland For Use in Concrete, 2008) pada Tabel 3., dapat diketahui bahwa akumulasi kandungan *silika*, *aluminium oksida*, dan *ferri oksida* dalam bentonit mencapai 90,53% sehingga dapat digolongkan sebagai material pozolan dengan reaktivitas tinggi (lebih dari 85%). Menurut (Supeno, 2007), salah satu cara untuk meningkatkan reaktivitas bentonit adalah metode Pemanasan (*heat activation and extrusion*). Pada proses ini, bentonit dipanaskan pada temperatur 300 °C – 350°C untuk memperluas permukaan butiran bentonit.

5. Pozolan

Pozolan didefinisikan material yang mengandung silika dan alumina dalam bentuk yang halus dan dalam kondisi normal akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) membentuk senyawa yang mengandung sifat semen (Anonim, Standard ASTM C 618-05, Specification For Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzoland For Use in Concrete, 2008). Pozolan biasanya memiliki kandungan *silika* (SiO_2) dan *alumina* (Al_2O_3) yang tinggi dan unsur ini yang diharapkan bereaksi dengan kapur bebas ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) sisa tersebut. Persyaratan kandungan unsur dalam bahan pozolan tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Persyaratan Kimia Pozolan

Sumber: (Anonim, Standard ASTM C 618-05, Specification For Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzoland For Use in Concrete, 2008)

Nama Kandungan Unsur	Kelas		
	N	F	C
<i>Silikon Oksida</i> (SiO_2), <i>Aluminum oksida</i> (Al_2O_3) dan <i>Ferro Oksida</i> (Fe_2O_3), min %	70	70	50
<i>Sulfur Trioksida</i> (SO_3), maks %	4	5	5
Kandungan Air, maks %	3	3	5
Hilang Bakar, maks %	10	6,0	6,0

Selain persyaratan di atas, ada juga batasan kandungan *alkali peserti* (Na_2O) maksimal 1,5% persyaratan ini diberlakukan apabila pozolan menggunakan dengan agregat yang reaktif dengan reaksi alkali. Metode pengujian yang digunakan mengacu (Anonim, SNI 03-1974-1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, 1990) dengan benda uji berupa silinder dengan diameter 150 mm dengan tinggi 300 mm.

7. Metoda Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini diawali dengan persiapan bahan dan alat-alat, dilanjutkan dengan pengujian bahan. Setelah bahan yang telah diuji memenuhi syarat dilanjutkan dengan perhitungan campuran beton untuk memperoleh kebutuhan masing-masing bahan adukan. Sebelum adukan dituang ke dalam cetakan yang berbentuk silinder, terlebih dahulu diuji kekentalannya dengan *slump test*. Silinder beton dilepas setelah benda uji berumur 24 jam dan direndam dalam air selama 27 hari. Pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari.

7. Hasil Penelitian dan Pembahasan

7.1 Pengujian Bentonit

Pengujian bentonit bertujuan untuk mengetahui kandungan kimiawi yang terkandung dalam bentonit. Pengujian bentonit harus dilakukan karena pada bahan ini benar benar harus dipastikan merupakan bentonit yang kandungannya sesuai dengan standar yang ada. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Universitas Gajah Mada. Pada pengujian ini menggunakan metode *Atomic Absortion Spectroscopy* (AAS) dan *Gravimetry*. Pengujian tersebut meliputi pengujian kandungan SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , LoI / Hilang Pijar, kelembaban.

Tabel 3. Hasil Pengujian Bentonit

Sumber: (Laboratorium Kimia Analitik Universitas Gajah Mada)

No	Kode Sampel	Parameter	Hasil Pengukuran			Metode
			I	II	III	
1	Bentonit	Al_2O_3	15,9332	16,2356	16,0844	AAS
2		Fe_2O_3	4,2809	4,3837	4,3323	-
3		SiO_2	64,7164	67,9139	67,1113	-
4		H_2O	2,1028	-	-	<i>Gravimetry</i>

5		LOI	8,7245	-	-	Gravimetry
---	--	-----	--------	---	---	------------

7.2 Pengujian Kelecahan Beton

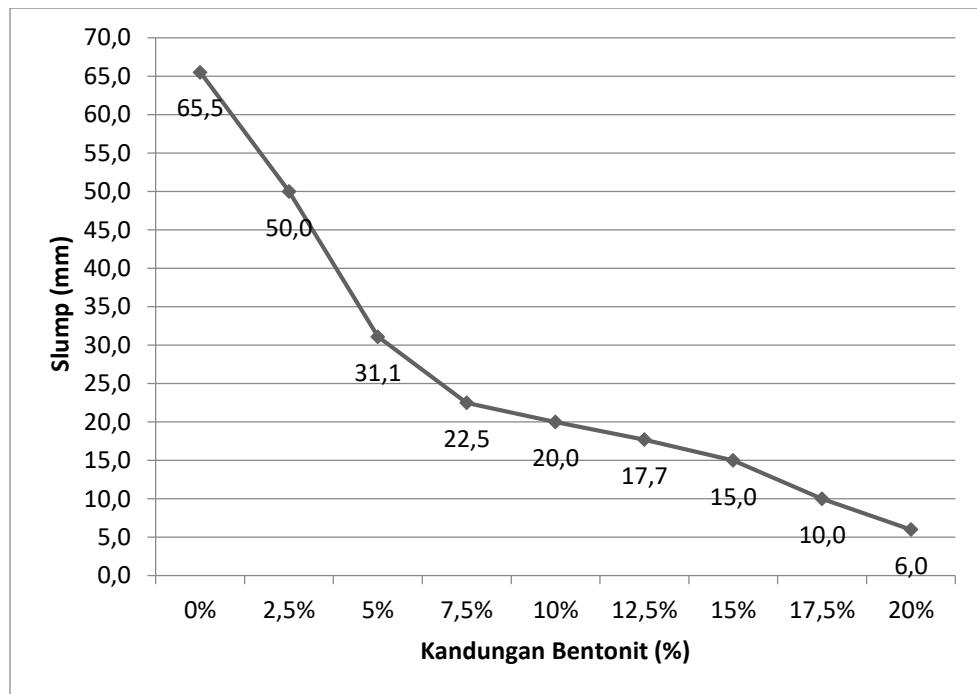
Adonan beton segar yang baik adalah adonan beton segar yang *homogen* dan dapat diaduk, dapat diangkat, dapat dituang, serta dapat dipadatkan. Adonan beton segar yang baik tentunya juga tidak ada kecenderungan untuk terjadi *segregasi* (pemisahan kerikil dari adukan) maupun *bleeding* (pemisahan semen dan air dari adukan). Pengujian yang dilakukan

untuk mengetahui kelecahan beton segar pada penelitian ini adalah dengan meneliti nilai *slump* untuk beton segar dari beberapa variasi yang digunakan, dalam penelitian ini diperoleh hasil nilai *slump* masing-masing variasi dalam penggunaan bentonit dan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Slump

Bentonit	Fas	Nilai Slump (mm)
0%	0,60	65,5
2,5%	0,60	50,0
5%	0,60	31,1
7,5%	0,60	22,5
10%	0,60	20,0
7,5%	0,60	17,7
15%	0,60	15,0
17,5%	0,60	10,0
20%	0,60	6,0

Nilai *slump* pada tabel pengujian *slump* dapat dianalisis dengan menyajikan hasil pengujian *slump* dengan grafik, maka dapat dilihat sebagai berikut ;



Gambar 1. Hubungan Nilai Slump dan Kandungan Bentonit

7.3 Hasil Kuat Tekan Beton

Penelitian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan beton yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggantian sebagian semen *portland*

dengan bentonit terhadap kuat tekan beton. Dari hasil pengujian kuat tekan beton yang dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Pengujian Nilai Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

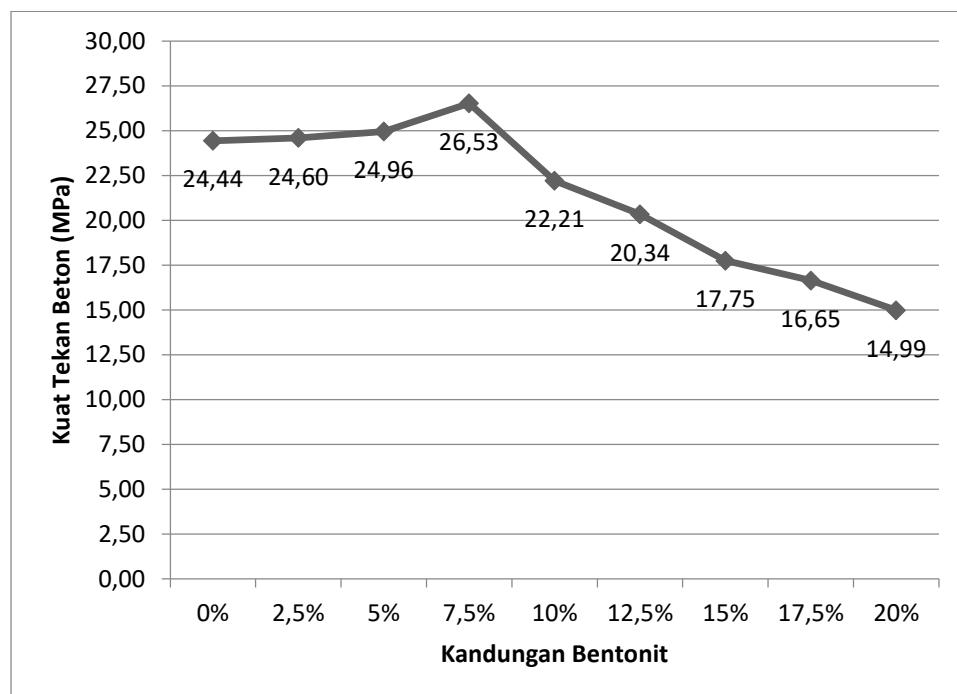
No	Nama Benda Uji	Prosentasi Bentonit	Tanggal		Umur	Berat	Ukuran Silinder		Beban	Kuat Tekan
			Cetak	Uji	(Hari)	(Gram)	Diameter	Tinggi	(TON)	(MPa)
1	A1	0,0%	12/01/2017	09/02/2017	28	12896	149,7	300	44	24,51
2	A2		12/01/2017	09/02/2017	28	13041	150	299,9	48	26,63
3	A3		12/01/2017	09/02/2017	28	13246	150	300	40	22,19
Rerata										24,44
4	B1	2,5%	12/01/2017	09/02/2017	28	12652	150	300	49,5	27,46
5	B2		12/01/2017	09/02/2017	28	12643	150	300	45	24,96
6	B3		12/01/2017	09/02/2017	28	12684	149,9	300	38,5	21,39
Rerata										24,60
7	C1	5,0%	12/01/2017	09/02/2017	28	12406	150	300	40	22,19
8	C2		12/01/2017	09/02/2017	28	12399	150	299,9	51	28,29
9	C3		12/01/2017	09/02/2017	28	12449	150	300	44	24,41
Rerata										24,96
10	D1	7,5%	12/01/2017	09/02/2017	28	12178	150	300	46	25,52
11	D2		12/01/2017	09/02/2017	28	12170	150	300	50	27,74
12	D3		12/01/2017	09/02/2017	28	12268	150	299,8	47,5	26,35
Rerata										26,53
13	E1	10,0%	12/01/2017	09/02/2017	28	12017	150	300	39	21,63
14	E2		12/01/2017	09/02/2017	28	11812	149,9	29,99	38	21,11
15	E3		12/01/2017	09/02/2017	28	12241	149,9	300	43	23,88
Rerata										22,21
16	F1	12,5%	12/01/2017	09/02/2017	28	12312	150	299,8	37	20,52
17	F2		12/01/2017	09/02/2017	28	12297	150	299,9	35	19,42
18	F3		12/01/2017	09/02/2017	28	12258	150	299,9	38	21,08
Rerata										20,34
19	G1	15,0%	13/01/2017	10/02/2017	28	12177	150	300	33	18,31
20	G2		13/01/2017	10/02/2017	28	12927	150	300	31	17,20
21	G3		13/01/2017	10/02/2017	28	12049	150	300	32	17,75
Rerata										17,75
22	H1	17,5%	13/01/2017	10/02/2017	28	12341	150	300	30	16,64
23	H2		13/01/2017	10/02/2017	28	12275	149,9	300	30	16,66
24	H3		13/01/2017	10/02/2017	28	12103	150	299,9	30	16,64
Rerata										16,65
25	I1	20,0%	13/01/2017	10/02/2017	28	11936	149,9	300	27	15,00
26	I2		13/01/2017	10/02/2017	28	11989	150	300	28	15,53
27	I3		13/01/2017	10/02/2017	28	12123	149,9	300	26	14,44
Rerata										14,99

Dari tabel pengujian nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari yang diperoleh, maka dapat diambil rerata nilai kuat tekan beton pada 3 benda uji setiap

varian penggantian sebagian semen dengan bentonit. Nilai kuat tekan beton dengan kandungan bentonit 0% adalah sebesar 24,44 MPa, 2,5% sebesar 24,60 MPa,

5% sebesar 24,96 MPa, 7,5% sebesar 26,53 MPa, 10% sebesar 22,21 MPa, 12,5% sebesar 20,34 MPa, 15% sebesar 17,75 MPa, 17,5% sebesar 16,65 MPa, dan 20% sebesar 14,99 MPa untuk memudahkan

menganalisis nilai rerata kuat tekan beton maka dapat digambarkan melalui grafik, berikut gambar grafik nilai kuat tekan beton;



Gambar 2. Nilai Kuat Tekan Beton dan Kandungan Bentonit

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian dilakukan pembahasan secara diskriptif kuantitatif sebagai berikut:

7.4 Kandungan Kimia yang terdapat dalam Bentonit

Berdasarkan hasil pengujian bahwa kandungan kimia yang terdapat dalam bentonit memenuhi persyaratan sebagai pozolan alami. Dimana dalam persyaratan kandungan bentonit unsur kimia pozolan kelas N dalam ASTM 618-03 disebutkan unsur *Silikon Oksida* (SiO_2) + *Aluminium Oksida* (Al_2O_3) + *Ferro Oksida* (Fe_2O_3) minimal 70 %, unsur *Sulfur Trioksida* maksimal 4 %, Kandungan Air maksimal 3

%, Hilang pijar, maksimal 10 %. Dari ketiga kandungan kimia bentonit tersebut terdapat *amorphous* yang sifatnya aktif dan *cristalline* yang bersifat pasif.

Pada pengujian kandungan kimia bentonit itu sendiri yang dilakukan oleh pihak Laboratorium Kimia Analitik UGM disimpulkan bahwa unsur *Silikon Oksida* (SiO_2) + *Aluminium Oksida* (Al_2O_3) + *Ferro Oksida* (Fe_2O_3) didalam *bentonite* yaitu 88,3305 % > 70 %, kandungan air didalam bentonit yaitu 2,1028 % < 3 %, sedangkan hilang pijar didalam bentonit 8,7245 % < 10 %. Berikut data hasil pengujianannya.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kandungan Kimia Bentonit

No	Unsur	Kelas N	Bentonit
1	(SiO_2) + (Al_2O_3) + (Fe_2O_3), min %	70	88,3305
2	H_2O , max %	3	2,1028
3	LOI, max %	10	8,7245

Dari hasil pengujian kandungan kimia bentonit dapat diketahui bahwa bentonit termasuk dalam kandungan pozolan alami dan memenuhi syarat sebagai bahan pengganti sebagian semen.

Perlu diketahui bahwa untuk pengujian kandungan SO_3 dalam bentonit tidak terlaksana, hal ini terjadi karena lembaga-lembaga penelitian yang ada di

sekitar daerah Yogyakarta tidak mempunyai kopotensi untuk dapat melaksanakan uji tersebut.

7.5 Nilai Slump

Pada penelitian ini pengujian slump dilakukan pada setiap adukan adonan beton segar, dimana ada 9 variasi kandungan bentonit yang berarti dilakukan pengujian slump sebanyak 9 kali.

Dari hasil pengujian slump diperoleh nilai slump dari beton untuk variasi penambahan bentonit 0% diperoleh 65,5 mm, 2,5 % adalah 50,0 mm, 5 % adalah 31,1 mm, 7,5 % adalah 25,5 mm, 10 % adalah 20,0 mm, 12,5 % adalah 17,7 mm, 15 % adalah 15,0 mm, 17,5 % adalah 10,0 mm, 20 % adalah 6,0 mm. Nilai slump terendah berada pada variasi 20% diperoleh 6,0 mm, dan nilai slump tertinggi berada pada variasi penambahan bentonit 0% diperoleh 65,5 mm. Nilai slump berkurang seiring penambahan bentonit, hal tersebut karena bentonit bersifat higroskopis (menyerap air bebas) sehingga mengurangi kelecahan beton.

7.6 Nilai Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan setelah beton mencapai 28 hari, karena pada umur ini menurut (Anonim, SNI 03-1974-1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, 1990), kekuatan beton telah mencapai 100%. Pada pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini, dimana penggantian sebagian semen menggunakan bentonit sangat mempengaruhi nilai dari pada kuat tekan beton itu sendiri. Pada grafik penelitian ini terlihat kenaikan kuat tekan beton tidak terjadi secara signifikan pada penggantian sebagian semen dengan bentonit pada prosentasi 0% sampai 7,5 %, dimana nilai kuat tekan beton pada pengantian sebagian semen dengan bentonit prosentasi 0% adalah sebesar 24,44 MPa, 2,5% sebesar 24,60 MPa, 5% sebesar 24,96 MPa, 7,5% sebesar 26,53 MPa, kemudian terjadi penerununan secara signifikan pada prosentasi 10% sampai 20% dimana nilai kuat tekan beton 10% sebesar 22,21 MPa, 12,5% sebesar 20,34 MPa, 15% sebesar 17,75 MPa, 17,5% sebesar 16,65 MPa, dan 20% sebesar 14,99 MPa. Penurunan kuat tekan diakibatkan oleh campuran beton segar tidak homogen karena kesulitan pada saat pengadukan, hal ini terjadi karena adanya peresapan air oleh bentonit.

Pada pengujian kuat tekan terhadap penggantian sebagian semen dengan bentonit diperoleh kuat tekan minimum pada variasi 20% yaitu dengan rerata kuat tekan beton 14,99 MPa dan kuat tekan maksimal pada variasi 7,5% yaitu dengan rerata kuat tekan beton sebesar 26,53 MPa.

8. Kesimpulan dan Saran

8.1 Kesimpulan

1. Komposisi kimia yang terkandung dalam bentonit memenuhi syarat sebagai pozolan alam.
2. Nilai slump terendah sebesar 6,0 mm diperoleh pada variasi 20%, dan nilai slump tertinggi sebesar 65,5 mm diperoleh pada variasi 0%.
3. Slump berkurang seiring dengan peningkatan prosentase bentonit.
4. Kuat tekan minimal diperoleh pada kandungan bentonit 20% dengan kuat tekan rerata 14,99 MPa dan kuat tekan beton paling optimal diperoleh pada kandungan bentonit 7,5% dengan kuat tekan rerata 26,53 MPa.

9. Daftar Pustaka

- [1] Anonim. 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia, (PUBI)*. LPMB, Bandung
- [2] Anonim. 1990. *SNI 03-1974-1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- [3] Anonim, 2000.. *SNI 03-2834-2000, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- [4] Anonim, 2004. *SNI 15-0302-2004, Semen Portland Pozzoland*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- [5] Anonim, 2004. *SNI 15-2049-2004, Semen Portland Pozzoland*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- [6] Anonim, 2005. *Tekmira, Bentonit*. Dipetik Desember 10, 2016, dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batu Bara:
<http://www.tekmira.esdm.go.id/data/bentonite>.
- [7] Anonim, 2008. *SNI 1972-2008, Cara Uji Slump Beton*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- [8] Anonim, 2008. *Standard ASTM C 618-05, Specification For Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzoland For Use in Concrete*, ASTM Lisence, Amerika
- [9] Anonim, 2016. Januari 10). *Asosiasi Semen Indonesia, Semen*. Dipetik September 12, 2016, dari Dunia Industri:
<http://www.duniaindustri.com>
- [10] Anonim, 2016. September 2). *Wikipedia Bentonit*. Dipetik Desember 3, 2016, dari Wikipedia:
<https://id.wikipedia.org/wiki/Bentonit>.
- [11] Mulyono, T. (2003). *Teknologi Beton*. Andi Offset , Yogyakarta
- [12] Nugraha, P. (1989). *Teknologi Beton*. Universitas Kristen Petra, Surabaya
- [13] Samekto, W., & Rahmadiyanto, C. (2001). *Teknologi Beton*. Kanisius, Yogyakarta
- [14] Supeno, M. (2007). *Bentonite Alam Terpilar sebagai Material Katalis Co-Katalis/Co-Katalis Pembuatan Gas Hidrogen dan Oksigen dari Air*. Universitas Sumatra Utara, Sumatra Utara
- [15] Tjokrodimulyo, K. (1992). *Teknologi Beton*. KMTS.FT.UGM, Yogyakarta
- [16] Widodo, S. (2008). *Modul Kuliah Struktur Beton 1*. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta