

PENGARUH VARIASI KONSENTRASI BAHAN TAMBAH FLY ASH DAN TERAK BAJA DITINJAU DARI KUAT TEKAN BETON

Tina Fitriadewi¹, *)Kusdiman Joko Priyanto¹, Gunarso¹

¹Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan (UTP), Surakarta

*)Email: kusdiman.joko@lecture.utp.ac.id

ABSTRACT

Concrete as the basic material of the structure in the construction of buildings is composed of hardening a certain mixture of water, cement, and aggregate. Concrete material is familiar in the field of Civil Engineering, because almost every building uses concrete as the main structure and complement, be it bridges, water buildings, or buildings. Because concrete is a composite material, the quality of concrete depends on each of the forming materials (Tjokrodinuljo, K,1996). This study used fly ash and steel slag added materials. In this study using an experimental method that aims to determine the effect of adding fly ash and steel slag levels with a percentage of fly ash 10% and steel slag 20%, fly ash 20% and steel slag 10% from the use of cement and fine aggregates and using conventional concrete as a comparison, and the cement water factor is determined to be the same in all variations, which is 0.45. Until the used is cylindrical ($d = 15\text{cm}$; $h = 30\text{cm}$), the quality of concrete is planned to be 20 MPa. The number of samples is 18 pieces, each variation consists of 6 pieces total, 3 samples for concrete compressive strength aged 7 days and 3 samples for concrete compressive strength aged 28 days. In the slump test, there was a reduction in the slump value, which was 12 cm for conventional concrete, 11 cm for variation 1 concrete mixture and 8 cm for variation 2 concrete mixture. The results of the compressive strength test showed an increase in maximum compressive strength at the age of 7 & 28 days with a percentage of fly ash 20% and steel slag 10% which was 19.91 MPa & 29.82 MPa and the lowest compressive strength occurred in conventional concrete, which was 16.32 MPa at the age of 7 days and 25.19 Mpa at the age of 28 days. With a percentage increase of 15.5% from conventional concrete.

Keywords: material added, concrete, compressive strength, fly ash, steel slag

ABSTRAK

Beton sebagai bahan dasar struktur dalam konstruksi bangunan yang tersusun dari pengerasan suatu campuran tertentu dari air, semen, dan agregat. Beton material yang sudah tidak asing lagi dalam bidang Teknik Sipil, karena hampir setiap bangunan menggunakan beton sebagai struktur utama maupun pelengkap baik itu jembatan, bangunan air, maupun gedung. Karena beton merupakan material komposit, maka kualitas beton tergantung dari masing-masing material pembentuknya (Tjokrodinuljo, K,1996). Penelitian ini menggunakan bahan tambah fly ash dan terak baja. Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kadar fly ash dan terak baja dengan prosentase fly ash 10 % dan terak baja 20% fly ash 20 % dan terak baja 10 % dari penggunaan semen dan agregat halus serta menggunakan beton konvensional sebagai pembandingan, dan faktor air semen ditentukan sama pada semua variasi, yaitu sebesar 0,45. Sampel yang digunakan berbentuk silinder ($d = 15\text{cm}$; $h = 30\text{cm}$), mutu beton direncanakan 20 MPa. Jumlah sample 18 buah, setiap variasi terdiri dari 6 buah sampel, 3 buah sampel untuk kuat tekan beton umur 7 hari dan 3 buah sampel untuk kuat tekan beton umur 28 hari. Pada pengujian slump terjadi penurunan nilai slump yaitu sebesar 12 cm untuk beton konvensional, 11 cm untuk campuran beton variasi I dan 8 cm untuk campuran beton variasi 2. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan terjadinya peningkatan kuat tekan maksimal pada umur 7 & umur 28 hari dengan prosentase fly ash 20% dan terak baja 10 % yaitu sebesar 19.91 MPa & 29.82 MPa dan kuat tekan terendah terjadi pada beton konvensional yaitu sebesar 16.32 MPa pada umur 7 hari dan 25.19 Mpa pada umur 28 hari. Dengan kenaikan prosentase sebesar 15.5 % dari beton konvensional.

Kata kunci: bahan tambah, beton, kuat tekan, fly ash, terak baja

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan limbah industri atau bahan sekunder telah didorong di bidang konstruksi untuk meningkatkan kualitas dan kuat tekan produksi beton karena berkontribusi untuk mengurangi konsumsi sumber daya alam yang mengalami kemajuan yang Sangat pesat, baik pada pembangunan perumahan, gedung-gedung, jembatan, bendungan, jalan raya, pelabuhan, bandara dan sebagainya. Pertumbuhan atau perkembangan industri konstruksi di Indonesia semakin pesat seiring bertambahnya tahun dimana sebagian besar material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton.

Dalam penelitian ini penulis akan menggunakan fly ash sebagai bahan tambahan yang termasuk dalam jenis limbah. fly ash diperoleh dari produksi pembakaran batubara secara sederhana, dengan corong gas dan menyebar ke atmosfer. Hal ini yang menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan, karena limbah padat hasil dari tempat pembakaran batubara dibuang sebagai timbunan.

Fly ash dikategorikan sebagai limbah B3 karena terdapat kandungan oksida logam berat yang akan mengalami pelindihan secara alami dan mencemari lingkungan. Yang dimaksud dengan bahan berbahaya dan beracun atau kerap disingkat (B3) adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya beracun yang

karena sifat atau konsentrasinya dan jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan atau merusakkan suatu lingkungan hidup, dan dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain. fly ash ini terdapat dalam jumlah yang cukup besar, sehingga memerlukan pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran udara, atau perairan, dan penurunan kualitas ekosistem.

Limbah terak baja yang biasanya dihasilkan oleh industri baja Indonesia masih berbentuk bongkahan. Sehingga masih diperlukan tahapan-tahapan lain sebelum diolah menjadi produk lain. Terak baja dengan ukuran bongkahan yang besar terlebih dahulu melalui proses penumbukan untuk mendapatkan ukuran agregat yang di perlukan. Dari proses penumbukan terak baja dapat digunakan sebagai agregat kasar maupun agregat halus.

Dengan pertimbangan diatas, maka dilakukan penelitian mengenai pengaruh abu terbang dan terak baja sebagai bahan pengganti sebagian semen dan agregat halus pada beton. Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi permasalahan yang ditimbulkan oleh fly ash dan terak baja juga dapat memperbaiki sifat-sifat mekanik beton, ditinjau dari kuat tekan beton.

Dari latar belakang yang disebutkan diatas dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut

1. Bagaimana pengaruh penambahan fly ash dan terak baja sebagai bahan tambah beton normal terhadap sifat fisik beton segar (slump)?
2. Bagaimana pengaruh penambahan fly Ash dan terak baja pada campuran beton ditinjau dari kuat tekan beton?

Untuk membatasi permasalahan agar penelitian ini lebih terarah dan tidak meluas maka perlu adanya pembatasan sebagai berikut.

1. Variasi I = Prosentase fly ash dan terak baja 0% (beton konvensional) sebagai acuan.
2. Variasi II = Prosentase fly ash 10% dari jumlah semen dan terak baja 20% dari jumlah agregat halus,
3. Variasi III = Prosentase fly ash 20% dari jumlah semen dan terak baja 10% dari jumlah agregat halus.
4. Semen yang digunakan adalah semen portland type I.
5. Fly ash Tipe F diperoleh dari PT. Varia Usaha Beton, Palur, Karanganyar.
6. Terak baja (steel slag) diperoleh dari CV. Baja Tunggal Ceper, Klaten.
7. Pengujian kuat tekan beton silinder dilakukan pada umur 7 hari dan 28 hari.
8. Benda uji untuk pengujian kuat tekan masing-masing 3 buah untuk tiap prosentase dengan bentuk benda uji silinder dengan dimensi (D : 15 cm dan T : 30cm).
9. Tidak dibahas reaksi kimia yang terjadi pada campuran terhadap bahan-bahan yang digunakan.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat mengurangi jumlah limbah fly ash dan terak baja.
2. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang teknologi beton dengan bahan tambahan fly ash dan terak baja.

Penelitian terdahulu

Adibroto, Suhelmidawati, Zade (2018) telah melakukan penelitian mengenai beton eksperimen beton mutu tinggi berbahan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen. Penelitian tersebut menggunakan campuran beton mutu tinggi dengan komposisi variasi penambahan abu terbang sebanyak 0%, 10%, 12,5%, 15%, 20% dan 25% dari berat semen. Mutu beton yang direncanakan 40 MPa yang diuji pada umur 7 hari dan 28 hari. Penelitian ini menguji beton dengan benda uji selinder (diameter 150 mm dan tinggi 300 mm) sebanyak 30 sampel dan terdiri dari 6 variasi. Dari penelitian ini didapatkan kuat tekan optimum pada variasi 10% yaitu sebesar 30,770 MPa. Kuat tekan yang terendah terdapat pada variasi 25% yaitu sebesar 20,046 MPa. Kuat tekan tertinggi yang didapat dari penelitian yaitu 30,770 Mpa.

Eko Hartado Tampubolon (2011), Universitas Sumatera Utara, meneliti tentang Pemanfaatan Terak Baja Sebagai Agregat Halus Pada Pembuatan Beton. Dalam penelitian ini dibuat empat kombinasi agregat pada campuran beton yaitu beton 1 adalah beton normal (agregat halus pasir tanpa terak baja, agregat kasar kerikil), beton 2 (agregat halus pasir + 10% terak, agregat kasar kerikil), beton 3 (agregat halus pasir +25% terak baja, agregat kasar kerikil) dan beton 4 (agregat halus pasir + 50% terak baja, agregat kasar kerikil). Dari hasil pengujian kuat tekan pada umur 28 hari, beton 1 memberikan nilai kuat tekan 24,4MPa untuk kubus dan 23,97 MPa untuk silinder, beton 2 memberikan nilai kuat tekan 25,54 MPa untuk kubus dan 17,19 MPa untuk silinder, beton 3 memberikan nilai kuat tekan 28,83 MPa untuk kubus dan 26,75 MPa untuk silinder, sedangkan beton 4 memberikan nilai kuat tekan 28,3MPa untuk kubus dan 28,01 MPa untuk silinder.

Beton

Beton banyak digunakan secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen *portland*, air, dan agregat (dan sekali-kali bahan tambah yang sangat bervariasi berupa

bahan tambah kimia, serat, mineral sampai bahan buangan non-kimia) pada perbandingan tertentu. Beton adalah campuran antara semen *portland*, agregat, air, dan terkadang ditambahi dengan menggunakan bahan tambah yang bervariasi mulai dari bahan tambah kimia, serta non kimia dengan bahan bangunan non-kimia pada perbandingan tertentu (Tjokrodinuljo, 2007).

Kuat tekan beton

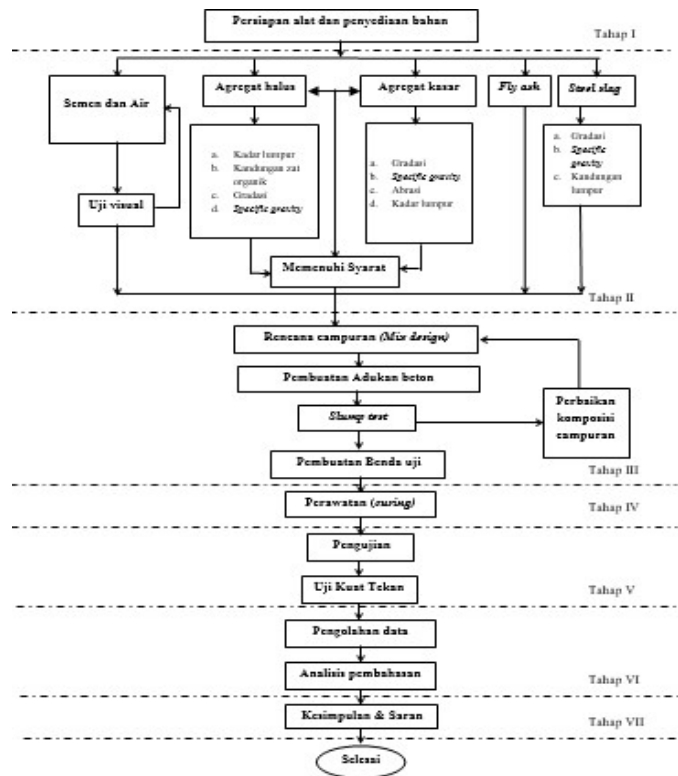
Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03- 1947-1990). Kuat tekan beton merupakan sifat yang paling penting dalam beton keras yang mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kekuatan tekan benda uji beton dihitung dengan rumus :

$$f'c = \frac{P}{A}$$

dengan: $f'c$ = kekuatan tekan (kg/cm²), P = beban tekan (kg), A = luas permukaan benda uji (cm²)

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian agregat halus

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
Kandungan zat organik	Kuning muda	Jernih atau kuning muda 0-10%	Memenuhi syarat
Kandungan lumpur	3%	Maksimum 5%	Memenuhi syarat
Modulus halus butir	2,68	2,3-3,1	Memenuhi syarat
Specific Gravity (SSD)	2,55	2,3-2,7	Memenuhi syarat
Absorbtion	0,8%	-	-

(Sumber: penelitian penulis, 2022)

Hasil pengujian agregat kasar

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar (Kerikil)

Jenis pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
Kandungan zat organik	Kuning muda	Jernih atau kuning muda 0-10%	Memenuhi syarat
Kandungan lumpur	3%	Maksimum 5%	Memenuhi syarat
Modulus halus butir	2,68	2,3-3,1	Memenuhi syarat
Spesific Gravity (SSD)	2,55	2,3-2,7	Memenuhi syarat
Absorbtion	0,8%	-	-

(Sumber: penelitian penulis, 2022)

Hasil pengujian terak baja

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengujian Terak Baja

Jenis pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
Kandungan zat organik	Kuning muda	Jernih atau kuning muda 0-10%	Memenuhi syarat
Kandungan lumpur	4%	Maksimum 5%	Memenuhi syarat
Modulus halus butir	2,56	2,3-3,1	Memenuhi syarat
Spesific Gravity (SSD)	2,69	2,3-2,7	Memenuhi syarat
Absorbtion	0,17%	-	-

(Sumber: penelitian penulis, 2022)

Hasil pengujian nilai slump

Dalam perencanaan uji *slump* test tinggi *slump* adalah 60 – 180 mm. Dari masing- masing campuran adukan beton tersebut dilakukan pengujian *slump*. Nilai *slump* diperlukan untuk mengetahui tingkat workabilitas campuran beton.

Tabel 4. Hasil *Slump Test*

No	Campuran beton	Nilai slump (mm)	Syarat nilai slump (mm)
1	Konvensional	120	60-180
2	Fly ash 10% + Terak Baja 20%	110	60-180
3	Fly ash 20% + Terak Baja 10%	80	60-180

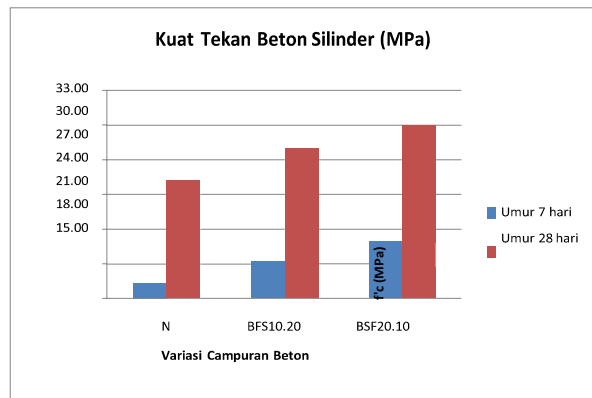
(Sumber: penelitian penulis, 2022)

Pengujian kuat tekan beton

Dari hasil pengujian kuat tekan beton benda uji silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada umur 7 hari dan 28 hari, masing-masing campuran beton dibuat 3 sampel dan didapatkan hasil pengujian seperti berikut:

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Kode Benda Uji	Kadar Fly Ash	Kadar Steel Slag	Dimensi		Luas Bidang	Umur 7 hari			Umur 28 hari		
			L (mm)	D (mm)		Beban Mak (N)	Kuat Tekan (MPa)	f'c Rata-Rata (MPa)	Beban Mak (N)	Kuat Tekan (MPa)	f'c Rata-Rata (MPa)
N			300	150	17662.5	280000	15.85		430000	24.35	
N	0%	0%	300	150	17662.5	300000	16.99	16.32	465000	26.33	25.19
N			300	150	17662.5	285000	16.14		440000	24.91	
BFS 1			300	150	17662.5	320000	18.12		495000	28.03	
BFS 2	10%	20%	300	150	17662.5	315000	17.83	18.21	485000	27.46	27.93
BFS 3			300	150	17662.5	330000	18.68		500000	28.31	
BSF 1			300	150	17662.5	340000	19.25		510000	28.87	
BSF 2	20%	10%	300	150	17662.5	365000	20.67	19.91	580000	32.84	29.82
BSF 3			300	150	17662.5	350000	19.82		490000	27.74	



Gambar 2. Grafik hasil pengujian kuat tekan beton semua variasi

Dari **Gambar 2.** didapat data rata rata kuat tekan beton konvensional pada umur 7 hari sebesar 16.32 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 25.19 MPa, lalu rata rata kuat tekan beton campuran *fly ash* 10 % dan terak baja 20 % pada umur 7 hari sebesar 18.21 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 27.93 MPa, dan rata rata kuat tekan beton campuran *fly ash* 20 % dan terak baja 10 % pada umur 7 hari sebesar 19.91 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 29.82 MPa, sehingga bisa disimpulkan bahwa rancang campur beton dengan penambahan limbah *fly ash* sebanyak 20% terhadap semen dan 10 % terak baja terhadap agregat halus mempunyai hasil lebih besar kuat tekan silinder betonnya yaitu sebesar 19,16 MPa pada 7 hari dan 29,25 MPa pada 28 hari dibandingkan dengan rancang beton konvensional dan variasi campuran beton dengan limbah *fly ash* sebanyak 10 % terhadap semen dan 20 % terak baja terhadap agregat halus. Dengan kenaikan prosentase 15.5 % dari beton konvensional.

Rencana anggaran biaya tiap m³

Dari percobaan mix design yang telah disampaikan memperoleh nilai kuat tekan rata-rata tertinggi sebesar 29.25 MPa. Hitungan rencana anggaran biaya menggunakan percobaan mix design dengan kadar komposisi *fly ash* 20% dan terak baja 10% yang digunakan sebagai substitusi parsial semen dan agregat halus yang merupakan limbah dari pabrik yang tidak memiliki nilai ekonomis jika dibandingkan dengan harga semen dan agregat halus, maka beton yang dihasilkan dari inovasi tersebut dapat tergolong ekonomis. Berikut rencana anggaran biaya pembuatan beton dihitung per meter kubik, dibuatkan pula perbandingan rencana anggaran biaya pembuatan beton konvensional. Hitungan rencana anggaran biaya dikalikan dengan harga satuan material wilayah solo sesuai dengan Buku Pedoman Harga Satuan Dasar (HSD) Dan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Pekerjaan Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan Kota Surakarta Tahun 2022.

Tabel 4.6. Perbandingan Harga Beton Konvensional Dengan Beton Inovasi

Uraian	Satuan	Proporsi		Harga Satuan		Jumlah Harga	
		Inovasi	Konvensional			Inovasi	Konvensional
Bahan							
Semen	Kg	425.250	472.5	Rp	1,250.00	Rp	531,562.50
Fly Ash	Kg	47.250		Rp	250.00	Rp	11,812.50
Terak Baja	Kg	0.138	0.691	Rp	1,500.00	Rp	207.27
Pasir	M3	0.553		Rp	250,000.00	Rp	138,177.25
Kerikil	M3	0.984	0.984	Rp	227,000.00	Rp	223,365.50
Air	Lt	212.625	212.625	Rp	100.00	Rp	21,262.50
		Total Harga Bahan (A)				Rp	926,387.52
Tenaga							
Pekerja	Oh	1.650	1.650	Rp	71,000.00	Rp	117,150.00
Tukang	Oh	0.275	0.275	Rp	83,000.00	Rp	22,825.00
Batu							
Kepala	Oh	0.028	0.028	Rp	88,000.00	Rp	2,464.00
Tukang							
Mandor	Oh	0.083	0.083	Rp	92,000.00	Rp	7,636.00
		Total Harga Material (B)				Rp	150,075.00
Total Harga Pembuatan Beton Tanpa Tulangan Per M ³ (A + B)						Rp	1,076,462.52
						Rp	1,158,049.50

4. KESIMPULAN

1. Proporsi campuran beton dengan *fly ash* 0% dan terak baja 0% mendapatkan nilai *slump* sebesar 120 mm, untuk proporsi campuran beton dengan *fly ash* 10% dan terak baja 20% mendapatkan nilai *slump* sebesar 110 mm, sedangkan untuk proporsicampuran beton dengan *fly ash* 20% dan terak baja 10% mendapatkan nilai *slump* sebesar 80 mm. Dari perhitungan analisa tersebut didapatnilai slump tertinggi pada campuran beton konvensional dan nilai slump terendah pada campuran beton *fly ash* 20% dan terak baja 10%.
3. Hasil dari penambahan *fly ash* dan terak baja sebagai bahan tambah beton normal terhadap sifat mekanik beton memberikan pengaruh sebagai berikut :
 - a. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata beton normal pada 7 hari sebesar 16.32 MPa sedangkan pada 28 hari sebesar 25.19 MPa, untuk kuat tekan rata-rata beton pada proporsi *fly ash* 20% dan terak baja 10% pada umur 7 hari sebesar 18.21 MPa, sedangkan pada 28 hari sebesar 27.93 MPa, untuk kuat tekan rata-rata beton pada proporsi *fly ash* 20% dan terak baja 10% pada umur 7 hari sebesar 19.91 MPa, sedangkan pada 28 hari sebesar 29.82 MPa. Hal ini menunjukkan hasil kuat tekan beton rata-rata terbesar yaitu pada proporsi campuran beton *fly ash* 20% dan terak baja 10% pada umur 28 hari sebesar 29.82 MPa. Sehingga pemakaian *fly ash* dan terak baja pada campuran beton memberikan peningkatan kuat tekan beton sebesar 15.50 % dari beton konvensional atau tanpacampuran *fly ash* dan terak baja.
 - b. Kuat tekan beton yang menggunakan limbah *fly ash* 20% dan terak baja 10% lebih tinggi daripada beton normal yang hanya menggunakan agregat alam yaitu pasir dan kerikil.

Berdasarkan rencana anggaran biaya yang disampaikan dengan kuat tekan sebesar 29.82 MPa, beton normal konvensional membutuhkan lebih banyak biaya dibandingkan dengan beton inovasi. Beton normal konvensional membutuhkan biaya sebesar Rp. 1.158.049,50 sedangkan beton inovasi hanya membutuhkan biaya sebesar Rp. 1.076.462,52 untuk tiap m³ nya. Sehingga bisa dikatakan inovasi beton lebih murah sebesar Rp. 81.586,98 tiap 1 m³ dan lebih ekonomis 7.04 % dari beton konvensional.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan selama pengujian ini, maka penulis memberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini penulis hanya melakukan pengujian sampai dengan umur 7 hari dan 28 hari, perlu dilakukan pengujian lanjutan seperti 56 hari, 90 hari atau 180 hari untuk melihat kemungkinan kenaikan kekuatan tekan beton akhirnya.
2. Dalam penelitian ini, pengujian sifat mekanik yang dilakukan hanya pengujian kuat tekan beton. Selain pengujian kuat tekan, perlu juga dilakukan pengujian kuat tarik belah, modulus elastisitas dan *poisson's ratio*, *permeabilitas*, resistansi pada abrasi, penetrasi terhadap *chloride* sehingga informasi mengenai material beton menjadi lebih luas.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pemakaian *fly ash* dan terak baja pada pengujian berat jenisnya, untuk mengetahui apakah dengan bahan tambah *fly ash* dan terak baja dibandingkan beton konvensional dapat digunakan sebagai bahan campuran beton yang efisien dalam pembangunan gedung, jembatan ataupun jalan. Jika dengan *fly ash* dan terak baja berat jenisnya terlalu besar maka dapat dikatakan campuran beton tersebut tidak efisien.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pemakaian *fly ash* dan terak baja dan hasilnya dibandingkan dengan bahan tambah lainnya pada campuran beton, untuk mengetahui tingkat kuat tekan dan keefisiensinya yang dapat dihasilkan dari perbandingan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Hanif. 2012, Penggunaan *Slag Steel* dengan Variasi FAS terhadap kuat tekan beton, REINTEK. Volume 7, No.2, ISSN 1907-5030. Oktober 2016.

Adibroto, F., dkk, 2018. Pengaruh Penambahan Abu Terbang (*Fly Ash*) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton. Jurnal *Polytechnic State Of Padang*, Vol. XV, No. 1.

Lumban Gaol, Triboy AM. 2016. Pengaruh Penggunaan *Steel Slag* Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan dan Lentur Pada Beton Bertulang Dibandingkan dengan Beton Normal. Medan : Universitas Sumatera Utara.

Tampubolon, Eko Hartado. 2011. Pemanfaatan Terak Baja Sebagai Agregat Pada Campuran Pembuatan Beton, Universitas Sumatra Utara.

Mulyono, Tri. 2004. Teknologi Beton. Yogyakarta. Andi Offset.

Sofwan Hadi. 2000. Pengaruh Ukuran Butir dan Komposisi Abu Terbang PLTU Sebagai Pengisi dan Pozolan.

Ratmaya Urip. 2003. Teknologi Semendan Beton: *Fly Ash*, Mengapa Seharusnya Dipakai pada Beton. Gresik: PT. Semen Gresik Indonesia dan PT. Varia Usaha Beton.

Setiawati, M. 2018. *Fly Ash* Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. Jurnal Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Palembang.

Lincoln, K. 2017. Pengaruh Abu Terbang Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton Beragregat Halus Bottom Ash. Laporan Tugas Akhir, Universitas Lampung.

SNI 03-1972 : 1990. Metode Pengujian Slump Beton. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.

SNI 03-1974 : 1990. Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.

SNI 03-2834 : 2000. Tata Cara

Pembuatan Rencana Beton Normal. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.

Tjokrodimuljo, K., (1992), Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Tjokrodimuljo, K., (1996), Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.