

**PENGARUH TERAK TUNGKU PABRIK GULA MADUKISMO SEBAGAI BAHAN
TAMBAH TERHADAP KUAT TEKAN DAN TARIK BETON MUTU TINGGI**

***(THE EFFECT OF SLAG MADUKISMO SUGAR MILL FURNACE AS THE ADDITIONAL
MATERIAL TO THE COMPRESSIVE STRENGTH AND TENSILE STRENGTH OF HIGH
QUALITY CONCRETE)***

Sahid Prayitno¹, Helmy Akbar Bale²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam
Indonesia

Email: 13511196@students.uui.ac.id

² Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas
Islam Indonesia

Email: 135111101@staf.uui.ac.id

Abstract: In general, concrete is a mixture of fine aggregate and coarse aggregate (sand, gravel, broken stone, or other types of aggregate) with cement and water in certain comparisons. Technology development in the field of construction in Indonesia continues to increase. This cannot be separated from the demands and needs of the community towards increasingly advanced infrastructure facilities. The planning of these facilities leads to the use of High strength concrete, which is a high quality concrete type which generally has a compressive strength of 6000 psi (40 MPa) or more, where high quality concrete is listed in SNI 03-6468-2000 (Pd T-18-1999-03), which includes strength, durability (durability), service life and efficiency. Today many researches have been carried out to produce high quality concrete. One of the problems that often affects the compressive strength of concrete, especially high quality concrete is porosity. Whereas smaller porosity produces higher concrete quality, relatively longer than normal concrete. To reduce porosity can use added materials that have very fine particles and generally pass filter no.200. one of the ingred is the slag of the sugar factory furnace PT. Madubaru PG-PS. Madukismo Bantul, Yogyakarta. In this study the contents of the furnace slag were added 20%, 21.5%, 23%, 24.5%, and 26%, and Superplasticizer (Sika Viscocrete-1003) of 0.6% by weight of cement. The analysis in this study was the compressive strength of concrete with concrete cylindrical test specimens of 15 cm in diameter and 30 cm in height. Concrete mix planning method in accordance with SNI-03-6468-2000 standards with a compressive strength of 40 MPa or more. The highest compressive strength at 28 days was found in the addition of Stove Slag 20% of the weight of cement, which was 47.5 MPa. Tensile Strength The highest split at 28 days was found in the addition of Stove Slag 20% of the weight of cement, which is 3.1 MPa. The slump value ranges from 25-50 m, whereas with the addition of Heavy Stove Slag the volume decreases otherwise with the increase in Water Absorption. So based on the results of this study it can be concluded that the levels that are too large stove slag used is not controlled either from the factors of temperature, time, boiler fuel (power generation) and combustion environment so that the furnace slag ash process does not have maximum reactivity. The burning environment in question is the availability of O₂ to guarantee oxidation.

Keywords: *The Compressive Strength, Tensile Strength, Sika Viscocrete 1003, Slag Furnace*

1. PENDAHULUAN

Secara umum beton merupakan campuran dari agregat halus dan agregat kasar (pasir, krikil, batu pecah, atau jenis agregat lain) dengan semen dan air dalam perbandingan tertentu. Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi di Indonesia terus menerus mengalami peningkatan. Hal ini tidak lepas dari tuntutan dan kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas infrastruktur yang semakin maju. Perencanaan fasilitas-fasilitas tersebut mengarah kepada digunakannya *High strength concrete* (beton mutu tinggi) yaitu sebuah tipe beton mutu tinggi yang secara umum memiliki kuat tekan 6000 psi (40 MPa) atau lebih, dimana beton mutu tinggi (*high strength concrete*) yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 (Pd T-18-1999-03), yang mencakup kekuatan, ketahanan (keawetan), masa layan dan efisiensi.

Dewasa ini telah banyak dilakukan berbagai penelitian untuk menghasilkan beton mutu tinggi. Salah satu masalah yang mempengaruhi kuat tekan beton khususnya beton mutu tinggi adanya *porositas*. *Porositas* diakibatkan adanya partikel-partikel bahan penyusun beton yang relatif besar, sehingga kerapatan tidak maksimal. Sedangkan *porositas* yang lebih kecil menghasilkan mutu beton yang lebih tinggi dan relatif lebih awet dari pada beton normal. Untuk mengurangi *porositas* dapat digunakan bahan tambah yang memiliki partikel sangat halus dan umumnya lolos saringan no.200. Salah satu bahan tambah material tersebut yaitu terak tungku pabrik gula PT.Madubaru PG-PS.Madukismo Bantul, Yogyakarta. Terak tungku ini berasal dari sisa hasil pembakaran ampas tebu dan kayu yang telah dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada ketel uap dan menghasilkan limbah padat yang tertinggal pada dasar tungku yang mana sering digunakan sebagai pengganti, substitusi, dan bahan tambah semen untuk menghasilkan beton mutu tinggi.

Pengaruh penggunaan terak tungku pabrik gula PT.Madubaru PG-PS.Madukismo (*bottom ash*) terletak pada proses pengerjaan campuran beton (*workability*) untuk diaduk, dituang, diangkut dan dipadatkan. Untuk mengatasi hal tersebut dapat dipergunakan *superplastisizer* yaitu *sika visccrete 1003* (produk PT. Sika Nusa Pratama) yang diharapkan dapat mempermudah pekerjaan pengadukan beton.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Teknologi beton tidak hanya statis, namun terus berkembang sejalan dengan perkembangan pembangunan khususnya dibidang konstruksi. Penelitian bertujuan mendapatkan suatu alternative baru dalam teknologi beton perlu sekali dilaksanakan. Salah satunya penelitian tentang Pengaruh Substitusi Sebagian Pasir Dengan terak ketel abu ampas tebu Pabrik Gula Madukismo Terhadap Kuat Tekan dan Resapan Air Pada Beton Dengan Bahan Tambah *fly ash* yang dilakukan Marthinus, (2013), selain itu Hernando, (2017) juga melakukan penelitian Pengaruh Campuran Beton Mutu Tinggi Dengan Penambahan *superplasticizer* dan Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan *fly ash*.

Hernando (2017), memberikan informasi hasil test penelitiannya tentang penambahan *superplasticizer* (*sika visccrete-10*) dan pengaruh penggantian sebagian semen dengan *fly ash* terhadap kuat desak beton, tingkat kelecakan, dan nilai *slump* beton mutu tinggi. Penelitian ini dilakukan dengan sampel berbentuk silinder dengan jumlah sampel 50 buah, menghasilkan kuat tekan optimum pada variasi 20% yaitu 59,095 MPa serta tinggi nilai *slump* berkisar antara 25-50 mm. Tetapi penelitian ini untuk kuat tekannya tidak dapat dicapai karena agregat kasar yang dipergunakan kurang keras serta *fly ash* tidak bisa menggantikan semen.

Marthinus (2013), melakukan penelitian Pengaruh Substitusi Sebagian Pasir Dengan terak ketel abu ampas tebu Pabrik Gula Madukismo Terhadap Kuat Tekan dan Resapan Air Pada Beton Dengan Bahan Tambah *fly ash*. Dari hasil pemeriksaan diketahui bahwa terak ketel abu ampas tebu mempunyai berat jenis sebesar $1,8981 \text{ g/cm}^3$ sehingga terak ketel ini lebih ringan dibandingkan dengan pasir. Untuk kuat tekan optimum pada variasi 20% yaitu mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 31,37 MPa umur 28 hari dan umur 56 hari sebesar 35,62 MPa. Sedangkan besar penyerapan air pada beton umur 28 hari adalah 8,10%; 8,21%; 8,23%; 8,54% dan 9,02%, dan pada umur 56 hari penyerapan airnya sebesar 0,68%; 1,01%; 1,33%; 1,76%; dan 2,09%.

3. LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton merupakan salah satu gabungan dari suatu material-material diantaranya semen *portland* atau semen hidrolik yang lainnya, agregat kasar (krikil atau batu pecah), agregat halus (pasir), dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan untuk membentuk masa padat. Secara umum, keunggulan dari beton yaitu memiliki kekuatan tekan yang tinggi tetapi kekuatan tariknya rendah dan merupakan bahan getas. Nilai kekuatan dan daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, antaranya nilai banding dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan, temperatur, dan kondisi perawatan pengerasannya, sedangkan nilai kuat tariknya kisaran antara 9%-15% dari kuat tekannya. Pada pengaplikasian komponen struktur bangunan terutama pada bagian yang bekerja menahan tarik beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerjasama dan mampu membantu kelemahannya. (Dipohusodo, 1994).

3.2 Semen Portland

Semen berdasarkan Standar Nasional Indonesia nomor 15-2049-2004 adalah bubuk halus yang memiliki sifat *adhesive* maupun *kohesif* yaitu bahan pengikat. Arti dari bahan pengikat adalah suatu reaksi semen mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu masa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat.

Selain itu juga semen *portland (portland cement)* merupakan bahan ikat yang sangat penting dalam konstruksi beton, yang bersifat *hidrolis*, yaitu dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker*, terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat *hidrolis* dengan *gips* sebagai bahan pembantu untuk membentuk pasta semen atau *grout* bila dicampur dengan air, bila ditambahkan dengan agregat halus biasa disebut dengan mortar (Tjokrodimuljo, K., 2007).

3.3 Air

Fungsi air disini merupakan salah satu faktor penting dalam pembuatan beton, dimana air sebagai bahan pencampuran, pengaduk, dan pemicu reaksi hidrasi antara semen dan agregat, sehingga menjadi pasta pengikat agregat. Reaksi hidrasi yaitu suatu proses kimia antara senyawa semen dengan molekul air membentuk hidrat atau produk hidrasi sehingga campuran menjadi mengeras. Menurut Tjokrodimuljo (1996) dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Memiliki kandungan lumpur maksimum 2 gram/liter.
2. Memiliki kandungan garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dll) maksimum 15 gram/liter.
3. Memiliki kandungan klorida (Cl) maksimum 0,5 gram/liter.
4. Memiliki kandungan senyawa sulfat maksimum 1 gram/liter.

3.4 Agregat

Agregat merupakan butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton untuk menjadikan satu komponen menjadi kompak. *Elastisitas* dan kekuatan agregat tergantung dari jenis batuan yang digunakan. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70% dari volume beton sehingga agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton.

3.4.1 Agregat Kasar

Agregat kasar secara umum yaitu kerikil hasil disintegrasi batuan atau disebut batu pecah yang ukuran butirannya lebih dari 5 mm (PBI, 1971). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar berfungsi sebagai bahan pengisi kurang lebih 70% volume beton.

3.4.2 Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat dengan besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil olahan yang digunakan sebagai bahan pengisi, penahan penyusutan, dan penambah kekuatan (SNI 03-6820-2002). Agregat halus yang digunakan harus memenuhi persyaratan karena sangat berpengaruh pada kualitas beton yang dihasilkan.

3.5 Bahan Tambah

Berdasarkan ASTM C 125, bahan tambah (*admixture*) didefinisikan sebagai material selain air, agregat, semen dan serat yang ditambahkan kedalam campuran adukan beton selama proses pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan beton diantaranya, memperlambat waktu pengikatan, menambah kelecekan adukan, mengurangi sifat getas, mempercepat proses pengerasan, mengurangi retakkan pengerasan, mengurangi panas hidrasi, menambah

kekedapan dan menambah tingkat keawetan. Secara umum bahan tambah ada yang berupa *additive* dan *admixture*.

Adimixture adalah bahan tambah yang ditambahkan saat pencampuran beton atau pada saat pelaksanaan pengecoran (*placing*), sedangkan *additive* merupakan bahan tambah yang ditambahkan pada semen saat pengadukan dilaksanakan. Dalam penelitian ini akan digunakan bahan tambah berupa (*sika viscocrete 1003*) dan terak tungku Pabrik Gula Madukismo.

3.5.1 Sika Viscocrete 1003

Superplasticizer (*sika viscocrete-1003*) merupakan bahan tambah kimia (*chemical admixture*) generasi terbaru dari *superplasticizer* untuk beton dan mortal. *Sika viscocrete 1003* yaitu bahan tambah berupa cairan yang ditambahkan pada campuran beton dalam jumlah tertentu untuk mengubah beberapa sifat beton. Mampu menghasilkan nilai *slump* tetap dengan bahan tambah atau substitusi tanpa mengurangi menambahkan air yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu. Dosis yang disarankan PT. Sika Nusa Pratama adalah 0,6% - 2,0% dari berat semen.

3.5.2 Terak Tungku

Terak tungku Pabrik Gula Madukismo yaitu limbah padat yang dihasilkan oleh pabrik pengolahan tebu, dimana terak tungku berasal dari sisa pembakaran ampas tebu dan kayu di ketel uap serta blotong yang merupakan sisa dari tebu basah yang diperas untuk diambil sarinya. Terak tungku Pabrik Gula Madukismo yang dipakai dalam penelitian ini berupa *bottom ash* dengan pengidentifikasian abu yang banyak berwarna putih. *Bottom ash* (abu dasar) adalah abu yang dihasilkan pada proses pembakaran yang berbentuk partikel halus dan tidak termasuk dalam karakteristik *pozzolan* walaupun memiliki kandungan senyawa silica dan Alumina, sedangkan *pozzolan* merupakan bahan yang mengandung

senyawa silika, alumina dan tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen yang dijelaskan pada *Standart ASTM C618-686* tentang Spesifikasi Abu Terbang Sebagai Pozzolan.

Terak tungku Pabrik Gula Madukismo yang digunakan pada penelitian ini adalah abu yang lolos saringan no.200 (0,075 mm) dan memiliki senyawa *silica*, sekitar 29,11%, sedangkan abu dengan warna hitam mengandung arang yang tidak ada manfaatnya. Untuk melihat morfologi dari terak tungku Pabrik Gula Madukismo ini dilakukan pengujian *X-Ray* pengujian *X-ray Fluorescence* (XRF) dimana pengujian XRF bertujuan untuk mengetahui komposisi unsur-unsur oksida yang terkandung dalam material terak tungku tersebut.

3.6 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Cara yang digunakan untuk menentukan nilai kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

$$f'c = P/A \quad (1)$$

Keterangan:

$f'c$ = kuat tekan beton

P = beban maksimum

A = luas penampang benda uji

3.7 Kuat Tarik Beton

Menurut (Wang, Chu Kia. Dkk, 1990), kekuatan beton di dalam tarik adalah suatu sifat yang mempengaruhi peramabatan dan ukuran dari retak di dalam struktur. Kuat tarik beton bervariasi antara 8% sampai 15% dari kuat tekannya. Kuat tarik dihitung berdasarkan formula *Method for*

Determination of Tensile Splitting (*British Standart Institution*, 1983) yang mengacu pada (SNI 03-2491-2002) sebagaimana terlihat dalam rumus di bawah ini:

$$f_{tr} = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot L \cdot D} \quad (2)$$

Keterangan:

f_{tr} = Kuat tarik belah

P = Baban pada waktu belah

L = Panjang benda uji silinder

D = Diameter benda uji silinder

3.8 Daya Serap Air Beton

Pengujian penyerapan air dilakukan untuk mengetahui daya serap air pada benda uji beton dalam setiap variasi. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode SNI 03-6444-2000. Daya serap air beton tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$DSA = \frac{Wb - Wk}{Wk} \times 100\% \quad (3)$$

Dengan:

Wb = Berat Beton SSD

Wk = Berat Beton Kering Oven

3.9 Berat Volume Beton

Pengujian berat volume beton dilakukan untuk mengetahui berat volume beton dalam setiap variasi. Berat volume didefinisikan sebagai perbandingan antara beton kering dengan volumenya. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode SNI 03-1973-1990. Berat volume beton tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$D = \frac{W}{V} \quad (4)$$

Keterangan:

D = berat volume

W = berat benda uji

V = isi takaran

3.10 Slump

Slump adalah nilai jatuhnya beton, diukur dari permukaan atas cast kerucut terpancung. Sebagaimana terlihat bahwa nilai dari *slump* adalah berupa rentang, yang besarnya adalah ± 2 cm, atau seperti pada PBI 1971 dan ACI committee 211 yang batas rentang maksimum dari minimumnya.

4. METODOLOGI

Dalam metode penelitian yang akan dilakukan diantaranya pengujian *X-ray Fluorescence* (XRF) bertujuan untuk mengetahui komposisi unsur-unsur oksida yang terkandung dalam material terak tungku tersebut. Selain itu, analisis proporsi campuran beton menggunakan metode SNI 03-6468-2000 yang didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa. Penelitian ini menggunakan variabel bebas berupa variasi penambahan terak tungku 20%, 21,5%, 23%, 24,5%, dan 26% yang disarankan pada SNI 03-6468-2000 yaitu 20% sampai 30% dan *sika viscocrete 1003* 0,6% sesuai dosis penambahan yang telah ditetapkan oleh perusahaan yang memproduksi bahan tambah *admixture*. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini berupa silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah sampel beton yang digunakan pada penelitian ini adalah 70 benda uji dengan 5 variasi tiap sampelnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan, kuat tarik belah, *slump*, berat volume, dan penyerapan air dengan penambahan terak tungku pabrik gula PT.Madubaru PG-PS.Madukismo.

5. Hasil Analisis Dan Pembahasan

5.1 Data XRF terak tungku PGM

Berikut ini adalah data beberapa komposisi senyawa hasil pengujian XRF yang dilaksanakan di Laboratorium Balai Observasi Borobudur dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1 Hasil XRF terak tungku PGM

Oksida	Komposisi (% berat)			Rata-rata (% berat)	Keterangan
	1	2	3		
MgO	ND	3,22	3,88	3,55	<i>X-Ray Fluorescence</i>
Al ₂ O ₃	1,75	1,85	1,99	1,86	<i>X-Ray Fluorescence</i>
Fe ₂ O ₃	2,23	2,21	2,27	2,24	<i>X-Ray Fluorescence</i>
K ₂ O	14,9	15,4	15,5	15,23	<i>X-Ray Fluorescence</i>
P ₂ O ₅	3,99	4,17	4,12	4,10	<i>X-Ray Fluorescence</i>
TiO ₂	0,26	0,27	0,32	0,28	<i>X-Ray Fluorescence</i>
SiO ₂	28,8	29,1	29,5	29,11	<i>X-Ray Fluorescence</i>

Dari tabel 1 di atas diketahui bahwa bahan terak tungku Pabrik Gula Madukismo ini memiliki kandungan silika yang tidak terlalu tinggi dan tidak masuk dalam karakteristik pada *Standart ASTM C618-686* tentang Spesifikasi Abu Terbang Sebagai *Pozzolan*. Terak tungku ini tetap digunakan dan diharapkan bisa mengatasi masalah *porositas* pada beton mutu tinggi sebagai bahan tambah sehingga meningkatkan kekuatan tekan beton.

5.2 Proporsi Campuran Beton

Perencanaan campuran beton direncanakan menggunakan semen PCC dengan merek Tiga Roda, pasir berasal dari Merapi, krikil batu seplit dari Kulon Progo dan bahan tambah terak tungku Pabrik Gula Madukismo serta *superlasticizer sika viscocrete 1003*. Proporsi campuran beton dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2 Proporsi Campuran Beton

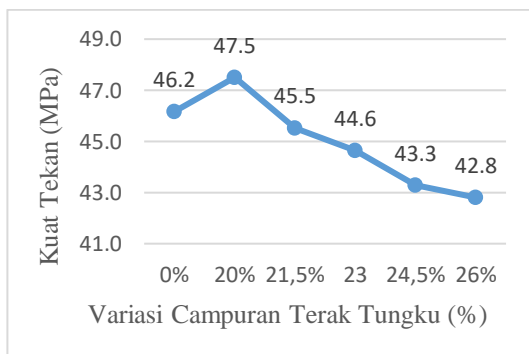
Volume	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
1 m ³	363,721	156,4	649,582	1190
1 mix (5 benda uji)	9,614	4,146	16,59	31,544
70 benda uji	134,977	58,04	241,06	441,610

5.3 Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII pada benda uji umur 28 hari dengan kuat tekan yang direncanakan ($f'c$) sebesar 42 MPa dengan menggunakan metode *SNI 03-6468-2000*. Hasil uji kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 1 di bawah ini:

Tabel 3 Hasil Kuat Tekan Rata-rata Beton

Kode Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
0%	46,2
20%	47,5
21,5%	45,5
23%	44,6
24,5%	43,3
26%	42,8



Gambar 1 Hasil Kuat Tekan Rata-rata Beton

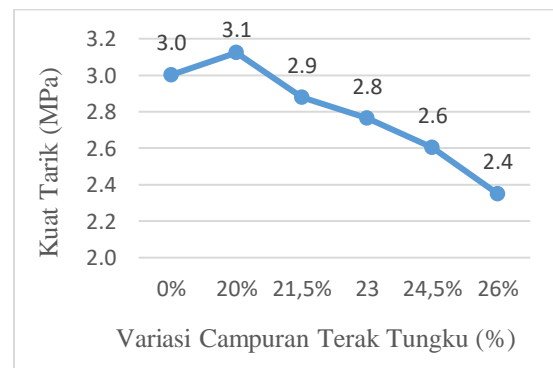
Dari hasil penelitian diketahui kuat tekan beton normal mengalami peningkatan dengan

penambahan *sika viscocrete 1003* (0,6%) yaitu tanpa SP sebesar 42,4 MPa dan beton normal dengan SP sebesar 46,2 MPa hal ini membuktikan bahwa *sika viscocrete 1003* memiliki sifat pengurangan air dalam jumlah besar, optimal dalam penyatuan atau kohesi campuran, kuat dalam sifat memadat dengan sendirinya.

Selain itu pada gambar 1 dapat diketahui bahwa pada variasi 20% penambahan terak tungku memiliki kuat tekan diatas beton normal yaitu sebesar 47,5MPa, sedangkan variasi diatas 20% penambahan terak tungku secara garis besar terjadi penurunan kuat tekan sebagai bahan tambah dimana hal ini disebabkan bahan terak tungku yang digunakan tidak terkontrol baik dari faktor suhu, waktu, bahan bakar ketel (pembangkit tenaga) dan lingkungan pembakaran sehingga proses abu terak tungku tidak memiliki reaktivitas maksimum. Lingkungan pembakaran yang dimaksud adalah ketersediaan O₂ untuk menjamin terjadinya oksidasi.

5.4 Kuat Tarik Beton

Pengujian kuat tarik beton dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII pada benda uji umur 28 hari. Untuk hasil kuat tarik beton dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini:



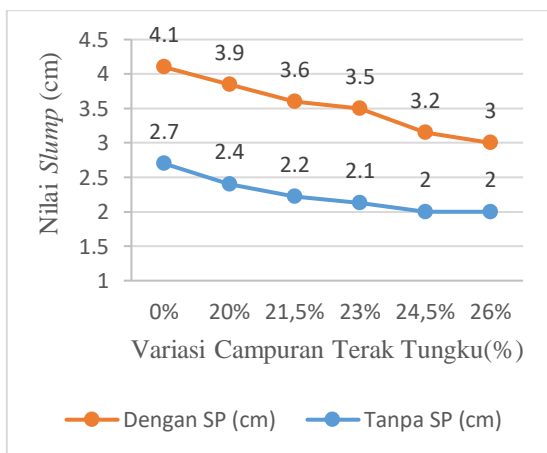
Gambar 2 Hasil Kuat Tekan Rata-rata Beton

Dari gambar 2 dapat disimpulkan bahwa untuk nilai kuat tarik belah secara garis besar

mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar terak tungku sebagai bahan tambah hal ini berarti kadar terak tungku yang berlebih akan menyebabkan turunnya kekuatan beton tersebut, kadar yang paling optimum untuk pengujian kuat tarik belah yaitu adalah pada variasi 20% yaitu sebesar 3,1 MPa. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor seperti terdapatnya retak-retak yang ada pada bagian sampel beton karena masih kurang meratanya pada saat pemadatan ketika pembuatan benda uji, kurang rapatnya cetak silinder sehingga benda uji yang dihasilkan tidak rata yang mana hal tersebut dapat mempengaruhi nilai kuat tarik belah tersebut.

5.5 Slump

Hasil pengujian *slump* dilihat dengan dua hubungan yaitu antara nilai *slump* sebelum ditambahkan dengan *sika viscocrete 1003* dengan nilai *slump* setelah ditambahkan *sika viscocrete 1003*, dan dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini:



Gambar 3 Perbandingan Nilai *Slump*

Dari gambar 3 artinya menjelaskan pada penelitian ini nilai *slump* cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar terak tungku karena berdasarkan hasil penelitian terak tungku disini menyerap air lebih baik ketimbang semen dimana terak tungku ini memiliki

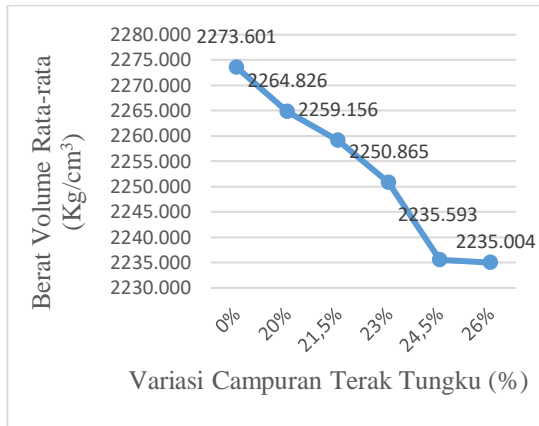
senyawa CaO besar membutuhkan lebih banyak air untuk bereaksi agar memiliki sifat yang sama seperti semen yakni mengikat (*cementitious*).

Untuk memperkuat alasan tersebut bisa dilihat pada tabel 1 hasil uji XRF dimana terak tungku memiliki kandungan senyawa CaO yang cukup besar yaitu 23,14% dimana CaO merupakan suatu zat padat berwarna putih yang akan membentuk kapur mati $Ca(OH)_2$ yang bereaksi dengan air cukup baik dan bila bereaksi dengan air dapat dimanfaatkan untuk pembuatan senyawa kalsium, semen, zat pengering dengan persen campuran tertentu.

Sedangkan pengaruh penggunaan *sika viscocrete 1003* dapat meningkatkan nilai *slump* dan *workability* serta di perkuat dengan penelitian (Hernando, 2017) yang berbunyi dengan menambahkan bahan tambah beton (*sika viscocrete-10*) tanpa pengurangan air, tingkat penurunan *workability* dapat dihindari sehingga saat pengerjaan campuran beton dilaksanakan bisa menjadi lebih mudah dan bisa mendapatkan kuat tekan beton yang lebih baik. Penggunaan *superplasticizer* terlalu banyak kemungkinan yang terjadi adalah hidrasi menjadi lambat, sehingga beton tidak kering dalam 24 jam (Trianto, 2012).

5.6 Berat Volume

Berat volume beton merupakan perbandingan antara berat beton dengan volume beton yang sangat tergantung dari komposisi material adukan beton yang direncanakan. Sehingga apabila bahan penyusunnya memiliki berat volume yang besar, maka beton yang dihasilkan akan memiliki berat volume yang besar pula. Pengujian berat volume beton dilakukan sebelum diadakannya pembebanan terhadap benda uji silinder. Berat volume beton dapat diketahui dengan cara menimbang dan mengukur tinggi serta diameter benda uji, sehingga didapatkan berat dan volume benda uji tersebut. Hasil pemeriksaan berat volume beton rata-rata dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini:



Gambar 4 Nilai Berat Volume Rata-rata

Dari hasil penelitian pada gambar 4 dapat diketahui bahwa berat volume beton terbesar terdapat pada variasi BN variasi 0% dengan *sika visocrete 1003* yaitu sebesar 2273,601 Kg/m³ sedangkan berat volume beton terkecil terdapat pada variasi beton variasi BT-26% yaitu sebesar 2235,004 Kg/m³.

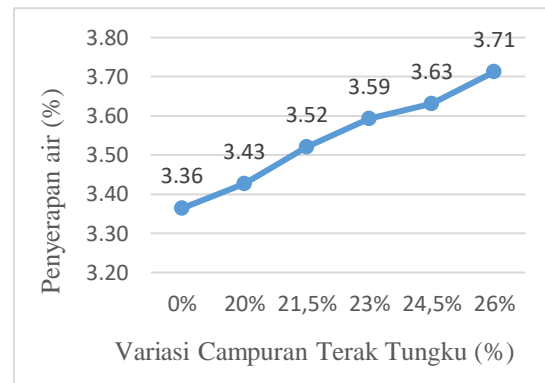
Berdasarkan hasil diatas terlihat bahwa berat volume beton semakin menurun seiring dengan bertambahnya kadar terak tungku dikarenakan berat jenis terak tungku lebih ringan dibandingkan dengan berat jenis semen dimana terak tungku memiliki nilai berat jenis sebesar 2,64 sedangkan berat jenis semen sebesar 3,15. Begitu juga pada beton normal mengalami penurunan karna *sika visocrete 1003* memiliki berat jenis lebih ringan dari berat jenis semen yaitu 1,065.

Selain itu walaupun terak tungku pada penelitian ini dijadikan sebagai bahan tambah campuran beton namun dalam kenyataannya ketika menjadi mortal atau beton segar terak tungku ini akan menggantikan sebagian dari bahan penyusun beton untuk memenuhi satu volume yang tetap.

5.7 Penyerapan Air

Pemeriksaan serapan air pada benda uji dilakukan pada umur benda uji 28 hari, dimana setelah dilakukan perendaman selama 26 hari benda uji dikeluarkan dari dalam bak lalu

langsung ditimbang untuk mendapatkan berat basah. Setelah itu benda uji dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105° C selama 24 jam, kemudian ditimbang setelah dioven selama 24 jam untuk mendapatkan berat kering oven maka didapat nilai penyerapan air. Adapun hasil pemeriksaan penyerapan air dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini:



Gambar 5 Nilai Penyerapan Air Rata-rata

Dari gambar 5 di atas, dapat dilihat bahwa penyerapan air yang tertinggi terdapat pada beton BT-26% sebesar 3,71% yang mana menggunakan bahan tambah terak tungku sedangkan untuk nilai penyerapan air yang terendah terdapat pada beton BN sebesar 3,36%. Dimana keseluruhan hasil serapan air yang terjadi pada beton tersebut masih memenuhi standar yang ditetapkan oleh PUBLI-1982 yang mensyaratkan serapan air maksimal pada beton adalah sebesar 35%.

Sedangkan perubahan nilai penyerapan air pada tiap variasi secara keseluruhan mengalami peningkatan dimana peningkatan yang terbesar terjadi pada variasi 26% sebesar 24,434%. Selain itu berdasarkan data di atas diketahui bahwa beton yang menggunakan terak tungku memiliki penyerapan air yang tinggi, semakin bertambah terak tungku pada beton maka serapan air cenderung semakin meningkat.

Penelitian Martinus (2013) memperkuat hasil penelitian saya dengan data penyerapan air pada beton umur 28 hari adalah 8,10%; 8,21%;

8,23%; 8,54% dan 9,02%, artinya penyerapan air pada beton umur 28 hari, terlihat bahwa semakin banyak persentase substitusi terak ketel abu ampas tebu terhadap pasir menyebabkan semakin besar pula nilai penyerapan air pada beton. Hal ini dikarenakan agregat halus terak ketel abu ampas tebu mempunyai sifat menyerap air yang cukup tinggi, sehingga nilai penyerapannya cukup tinggi juga.

6. SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan serta pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat ditarik kesimpulan.

1. Nilai kuat tekan optimum terjadi pada beton dengan campuran 20% terak tungku terhadap berat semen dan penambahan *superplasticizer* berjenis *sika visocrete 1003* sebesar 0,6% dari berat semen yaitu memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 47,5 MPa.
2. Nilai kuat tarik belah optimum terjadi pada beton dengan campuran 20% terak tungku terhadap berat semen dan penambahan *superplasticizer* berjenis *sika visocrete 1003* sebesar 0,6% dari berat semen yaitu memiliki kuat tarik belah rata-rata sebesar 3,1 MPa.
3. Pada beton mutu tinggi nilai *slump* berkisar antara 25-50 mm, oleh karena itu untuk mempermudah pengerjaan bisa ditambah *superplasticizer (sika visocrete-1003)*.
4. Kuat tekan rencana dapat dicapai, tetapi pada penelitian ini sering bertambahnya terak tungku akan mengurangi kekuatan beton.
5. Dalam penelitian ini bahan tambah terak tungku tidak bisa dianggap sebagai *pozzolan (Standart ASTM C618-686)*.
6. Dalam penelitian ini bahan tambah terak tungku tidak bisa meningkatkan kekuatan beton mutu tinggi.

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ternyata masih banyak hal-hal yang perlu diperbaiki. Oleh karena itu penelitian selanjutnya dapat disarankan sebagai berikut.

1. Hendaknya dalam pembuatan beton mutu tinggi pengerjaannya harus sangat teliti dan ketat.
2. Pada saat pengujian kuat tekan beton sebaiknya proses keping dilakukan pada permukaan atas dan bawah setiap sampel agar saat pengujian kuat tekan beton penekanan benda uji merata.
3. Lebih teliti pada proses pemilihan abu terak tungku baik faktor suhu, waktu, bahan bakar ketel (pembangkit tenaga) dan lingkungan pembakaran.
4. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya dengan variasi terak tungku dengan perbandingan suhu pembakaran yang berbeda-beda dan penggunaan *superplasticizer* dengan jenis lain.
5. Lebih cekatan dalam membagi waktu ketika proses menyaring terak tungku dengan saringan no.200 karena menghabiskan cukup waktu.
6. Membeli semen *portland* pada tempat yang mempunyai banyak pelanggan sehingga semen tersebut tidak mengalami penumpukan yang menyebabkan masa layan semen tersebut berkurang.
7. Penentuan variasi persen campuran jangan terlalu dekat karena dikawatirkan tidak mendapatkan hasil yang optimum.

Daftar Pustaka

- Tjokrodimuljo, K., 2007, Teknologi Beton, Biro Penerbit Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. Struktur Beton Bertulang. Jakarta: Gramedia pustaka utama.

- Badan Standarisasi Nasional, 2004, Standar Nasional Indonesia 15-2049-2004 tentang Semen Portland Pozolan, Jakarta.
- Anonim, 1971, Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI -1971), Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Bandung.
- SNI 03-6820-2002. 2002. Spesifikasi agregat halus untuk pekerjaan adukan dan plesteran dengan bahan dasar semen. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- ASTM C 125-1995, Annual Book of ASTM Standards 1995: Vol.04.02, Concrete And Aggregate, Philadelphia: ASTM 1995.
- ASTM C 618, (1994), "Standard Specification for Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan For Use as Mineral Admixture in Portland Cement Concrete", American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02, West Conshohocken, United States
- SNI 03-1973-1990, Metode Pengujian Berat Isi beton, Pusat Penelitian Jalan dan Jembatan, Bandung.
- American concrete institute committee 211, nilai slump untuk berbagai macam struktur, ACI committee 211
- Antono, A., 1995, *Teknik Beton*, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2002, *Metode Pengujian untuk mengukur nilai kuat tekan beton pada umur awal dan memproyeksikan kekuatan pada umur berikutnya.* (SNI 03-6805-2002), Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional, 2002, *Metode pengujian kuat tarik belah beton.* (SNI 03-2491-2002), Jakarta
- Mulyono, Tri, 2004, *Teknologi Beton.* Andi, Yogyakarta.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 03-6468-2000 Pd T-18-1999-03.
- American Standard Testing and Material (ASTM), standardisasi teknik untuk material dan bahan.
- Badan Standardisasi Nasional, 2010. *Tata Cara Perencanaan Campuran Beton Berkekuatan Tinggi dengan Semen Portland dan Abu Terbang*”, Jakarta.
- Hernando, 2017. Penambahan *Superplasticizer* dan Pengaruh Penggantian Sebagian Semen dengan *Fly Ash*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Kusuma, 2017. Analisis Karakteristik Fisik dan Mekanik *Self Compacting Concrete* (SCC) Dengan Pemanfaatan Limbah Tetes Tebu (*mulosa*). Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Marthinus, 2013. Pengaruh Substitusi Sebagian Pasir Dengan Terak Ketel Abu Ampas Tebu Pabrik Gula Madukismo Terhadap Kuat Tekan Dan Resapan Air Pada Beton Dengan Bahan Tambah Fly Ash. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.
- Trianto, 2012. Pengaruh sikafume dan *superplasticizer* tipe *viscocrete* 10 terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton mutu tinggi. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

