

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengertian Umum

Penelitian ini merupakan studi eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP Universitas Islam Indonesia. Seluruh tahap pekerjaan yang direncanakan pada penelitian ini telah selesai dilaksanakan. Dimulai dari tahap perhitungan campuran beton, pengecekan kandungan air dalam material (pasir dan kerikil), kemudian persiapan bahan dan material, pembuatan benda uji, sampai dengan pengujian kuat tekan dapat dilaksanakan tanpa menemui kesulitan yang berarti. Hasil penelitian yang berupa data-data kasar, selanjutnya dianalisis untuk mengetahui pengaruh bahan tambah dengan menggunakan terak tungku yang berasal dari PT. Madubaru (PG-PS Madukismo), Bantul, D.I.Y dan bahan tambah *superplasticizer (sika viscocrete 1003)* terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton.

5.2 Proporsi Campuran Benda Uji

Pembuatan benda uji pada penelitian ini dilakukan dengan cara pengadukan manual, benda uji beton setiap variasi dengan penambahan terak tungku mulai dari 20%, 21,5%, 23%, 24,5% dan 26%, serta dengan menggunakan bahan tambah *superplasticizer (sika viscocrete 1003)* sebesar 0,6% dari berat semen. Proses dalam pembuatan adukan beton adalah sebagai berikut:

1. Proses awal pembuatan benda uji beton normal tanpa penambahan terak tungku adalah dengan pengadukan manual didahului dengan memasukkan kerikil, lalu masukkan pasir dan semen *portland* kemudian diaduk sampai merata, masukkan air secara bergantian sampai semua bahan habis, kemudian diaduk sampai adukan terlihat telah *homogen*.
2. Setelah adukan *homogen*, diukur nilai *slump* dari adukan tersebut, jika belum sesuai dengan nilai *slump* yang direncanakan maka campuran dimasukkan kembali untuk dilakukan penyesuaian dengan penambahan air.

3. Setelah *slump* normal yang didapat sesuai dengan rencana, kemudian adukan beton diberi bahan tambah (*sika viscocrete 1003*) lalu diukur lagi nilai *slump* yang sudah menggunakan (*sika viscocrete 1003*). Setelah itu adukan dimasukkan kedalam cetakan silinder. Pengisian adukan dilakukan tiga tahap, masing-masing $\frac{1}{3}$ dari tinggi cetakan. Setiap tahap dipadatkan dengan tongkat baja sebanyak 25 kali.
4. Untuk pembuatan benda uji dengan bahan tambah menggunakan terak tungku adalah dengan melakukan tahapan-tahapan seperti di atas, hanya yang berbeda pada banyaknya penambahan dengan terak tungku, yang dilakukan setelah proporsi semen dan terak tungku diaduk rata terlebih dahulu kemudian dicampurkan dengan agregat kasar, agregat halus dan air hingga tercampur merata.

Hal terpenting yang perlu diperhatikan dalam semua pengujian yang akan dilakukan adalah kondisi permukaan benda uji. Permukaan yang rata akan menghasilkan nilai kuat tekan, dan kuat tarik yang cukup baik karena distribusi beban akan tersebar secara merata ke seluruh permukaan benda uji. Hasil akhir perhitungan perencanaan campuran komposisi material dapat dilihat pada Tabel 5.1 di bawah, sedangkan untuk analisis perhitungan terlampir dilampiran 10.

Tabel 5.1 Proporsi Campuran Material Pada Tiap Variasi (0,030483 m³)

Kode Benda Uji	PCC (kg)	Terak Tungku (kg)	Air (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	SP (kg)
BN	11,09	0	3,56	36,96	20,32	0
BSP	11,09	0	3,56	36,96	20,32	0,07
BT20	11,09	2,22	3,56	36,96	20,32	0,07
BT21,5	11,09	2,38	3,56	36,96	20,32	0,07
BT23	11,09	2,55	3,56	36,96	20,32	0,07
BT24,5	11,09	2,72	3,56	36,96	20,32	0,07
BT26	11,09	2,88	3,56	36,96	20,32	0,07

5.3 Data XRF Terak Tungku PGM

Berikut ini adalah data komposisi senyawa hasil pengujian XRF yang dilaksanakan di Laboratorium Balai Observasi Borobudur dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini:

Tabel 5.2 Hasil XRF Terak Tungku PGM

Oksida	Komposisi (% berat)			Rata-rata (% berat)	Keterangan
	1	2	3		
CaO	22,49	23,44	23,48	23,14	X-Ray Fluorescence
MgO	ND	3,22	3,88	3,55	X-Ray Fluorescence
Al ₂ O ₃	1,75	1,85	1,99	1,86	X-Ray Fluorescence
Fe ₂ O ₃	2,23	2,21	2,27	2,24	X-Ray Fluorescence
K ₂ O	14,90	15,35	15,45	15,23	X-Ray Fluorescence
P ₂ O ₅	3,99	4,17	4,12	4,10	X-Ray Fluorescence
TiO ₂	0,26	0,27	0,32	0,28	X-Ray Fluorescence
SiO ₂	28,78	29,09	29,46	29,11	X-Ray Fluorescence

Sumber: (Lab. Balai Observasi Borobudur, 2018)

Keterangan sifat masing-masing oksida dari penelitian Susanti (2004), yaitu:

1. CaO : merupakan suatu zat padat berwarna putih yang akan membentuk kapur mati Ca(OH)₂ apabila bereaksi dengan air. CaO dapat dimanfaatkan untuk pembuatan senyawa-senyawa kalsium, semen, mortar dan sebagai zat pengering.
2. SiO₂ : merupakan suatu zat padat berwarna putih dan memiliki sifat mengikat.
3. Al₂O₃ : Al merupakan logam lunak dan cukup reaktif yang mempunyai sifat tahan air, transparan, liat, keras, dan kuat dan akan melindungi logam tersebut dari karat.
4. Fe₂O₃ : Oksida besi ini tidak larut dalam air tapi larut dalam asam-asam, *ferioksida* dapat digunakan sebagai pigmen merah dan sebagai serbuk gosok yang lembut dan memperlincin, reagen dan katalis.
5. MgO : merupakan zat padat putih yang dipergunakan sebagai obat pencahar, sekat atau pelapis tahan api atau panas, kaca, logam, tanur semen dan obat penawar asam.

6. K_2O : Merupakan suatu zat padat ionik berupa serbuk, dalam keadaan dingin (suhu kamar) berwarna putih, sedangkan bila panas akan berwarna kuning dan bersifat higroskopik artinya memiliki sifat menyerap air dengan baik.
7. TiO_2 : Suatu zat padat berupa serbuk putih, amforf, sulit larut dalam air.

Dari Tabel 5.2 di atas diketahui bahwa bahan terak tungku Pabrik Gula Madukismo memiliki kandungan $SiO_2 + Fe_2O_3 + Al_2O_3$ sebesar 33,21%, sedangkan karakteristik pada *Standart ASTM C618-686* tentang Spesifikasi Abu Terbang Sebagai *Pozzolan* untuk kelas C memiliki kandungan $SiO_2 + Fe_2O_3 + Al_2O_3$ minimal 50% dan kelas F memiliki kandungan $SiO_2 + Fe_2O_3 + Al_2O_3$ minimal 70%. Sehingga terak tungku pada penelitian ini tidak masuk dalam karakteristik sebagai *Pozzolan*. Dengan kadar oksida terak tungku pada tabel di atas penelitian ini mengharapkan kandungan oksida SiO_2 sebesar 23,14% dan CaO sebesar 29,11% membentuk senyawa C_2S . Sesuai pendapat Tjokrodimuljo (2007) senyawa C_2S (*dicalcium silicate* – $2CaO.SiO_2$) memiliki fungsi meningkatkan kekuatan beton. Sehingga terak tungku pada penelitian ini bisa menjadi alternative sebagai bahan tambah untuk meningkatkan kekuatan beton normal maupun beton mutu tinggi.

5.4 Hasil Penelitian dan Pembahasan

5.4.1 Nilai *Slump* dan *Workability*

Workability atau kemudahan pengerjaan beton dapat dilihat dari nilai *slump* yang terjadi. Karena nilai *slump* merupakan parameter *workability*, semakin tinggi nilai *slump* maka semakin mudah proses pengerjaan beton (*workability*). Beton mutu tinggi menggunakan nilai FAS rendah, berarti air yang digunakan sangat sedikit, sehingga nilai *slump* rendah. Dalam penelitian ini nilai *slump* yang direncanakan berkisar antara 25-50 mm, dengan demikian agar mendapatkan nilai *slump* rencana dengan penambahan terak tungku tanpa mengurangi atau menambahkan air dengan nilai FAS kecil maka menggunakan *superplasticizer* (*sika viscocrete 1003*) sebesar 0,6%. Dengan penambahan *superplasticizer* diharapkan akan diperoleh tingkat *workability* yang tinggi untuk mencapai nilai *slump* yang sesuai tanpa terjadi *bleeding* dan segregasi. Hal ini sama seperti pendapat L. J Murdock dan Brook (1978) yang menyatakan bahwa *superplasticizer*

merupakan bahan tambah kimia yang mempunyai pengaruh dalam meningkatkan *workability* beton sampai pada tingkat yang cukup besar.

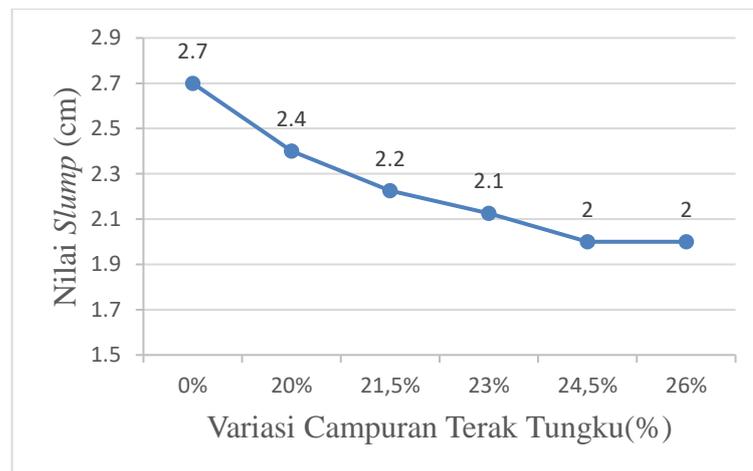
Pada penelitian Trianto (2012) terdahulu juga telah membuktikan bahwa pengurangan air pada adukan beton akan membuat nilai FAS menjadi lebih kecil sehingga kuat tekan beton meningkat, tetapi hal tersebut bisa berdampak pada turunnya nilai *slump*. Seiring dengan menurunnya nilai *slump* pada adukan beton, maka tingkat *workability* juga akan menurun, dengan kata lain semakin banyak pengurangan air dalam adukan beton maka kuat tekan beton akan meningkat, akan tetapi semakin kecil nilai FAS maka akan menurunkan nilai *slump* dan *workability*, hal tersebut akan sangat berpengaruh pada proses pengerjaan beton. Namun dengan menambahkan bahan tambah beton (*sika viscocrete 10*) tanpa pengurangan air, tingkat penurunan *workability* dapat dihindari sehingga saat pengerjaan beton dilaksanakan bisa menjadi lebih mudah dan bisa mendapatkan kuat tekan beton yang lebih baik. Pada penelitian kali ini pengujian *slump* dilakukan sebanyak dua kali dalam satu kali campuran beton normal maupun beton dengan campuran terak tungku, *superplasticizer (sika viscocrete 10)*. Hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 5.3, Tabel 5.4 dan Gambar 5.1 sampai Gambar 5.5:

Tabel 5.3 Nilai *Slump* Tanpa *Sika Viscocrete 1003* Pada Tiap Variasi

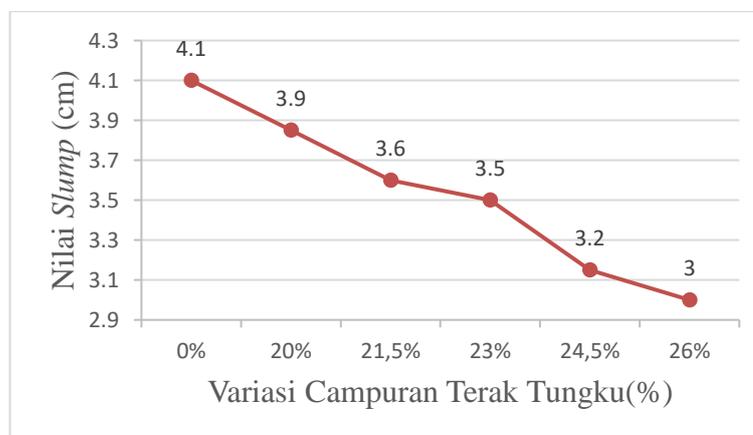
No.	<i>Slump</i> (cm)			
	Kode Benda Uji	Campuran Tekan	Campuran Tarik	Rata-rata
1	0%	2,8	2,6	2,700
3	20%	2,5	2,3	2,400
4	21,5%	2,3	2,15	2,225
5	23%	2,15	2,1	2,125
6	24,5%	2	2	2,000
7	26%	2	2	2,000

Tabel 5.4 Nilai Slump Dengan Sika Viscocrete 1003 Pada Tiap Variasi

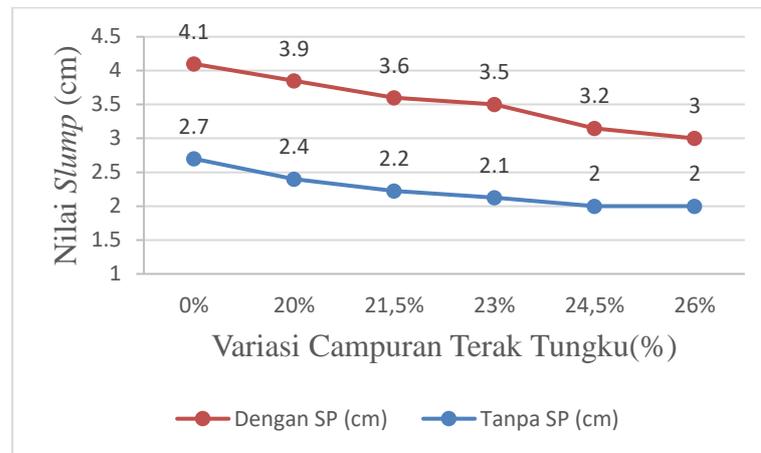
No.	Slump (cm)			Rata-rata
	Kode Benda Uji	Campuran Tekan	Campuran Tarik	
1	0%	4,2	4	4,100
3	20%	4	3,7	3,850
4	21,5%	3,7	3,5	3,600
5	23%	3,5	3,5	3,500
6	24,5%	3,2	3,1	3,150
7	26%	3	3	3,000



Gambar 5.1 Nilai Slump Pada Tiap Variasi Tanpa SP



Gambar 5.2 Nilai Slump Pada Tiap Variasi Dengan SP 0,6%



Gambar 5.3 Perbandingan Nilai *Slump* Pada Tiap Variasi

Tabel 5.5 Perubahan Nilai *Slump* Pada Tiap Variasi Terak Tungku

Kode Benda Uji	Persentase Perubahan Nilai <i>Slump</i> Tanpa SP (%)	Persentase Perubahan Nilai <i>Slump</i> Dengan SP (%)
0%	0	0
20%	-11,111	-6,098
21,5%	-17,593	-12,195
23%	-21,296	-14,634
24,5%	-25,926	-23,171
26%	-25,926	-26,829

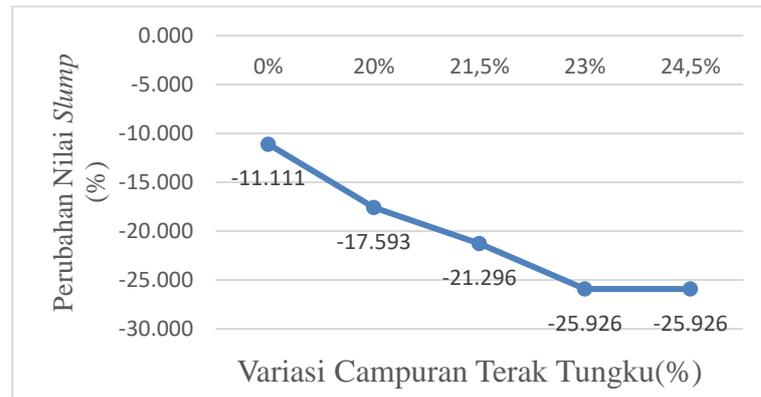
Pada Tabel 5.5 di atas menjelaskan tentang berapa persen perubahan nilai *slump* yang terjadi untuk setiap variasi campuran apabila dibandingkan dengan beton normal tanpa ditambahkan terak tungku. Pada beton normal tidak perlu dilakukan perhitungan persentase perubahan nilai *slump* karena disini berperan sebagai pembanding untuk variasi lainnya yang menggunakan terak tungku. Perubahan nilai *slump* untuk BT 20% dapat dilihat pada perhitungan berikut dengan menggunakan data pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4.

Perubahan nilai *slump* tanpa SP BT 20% :

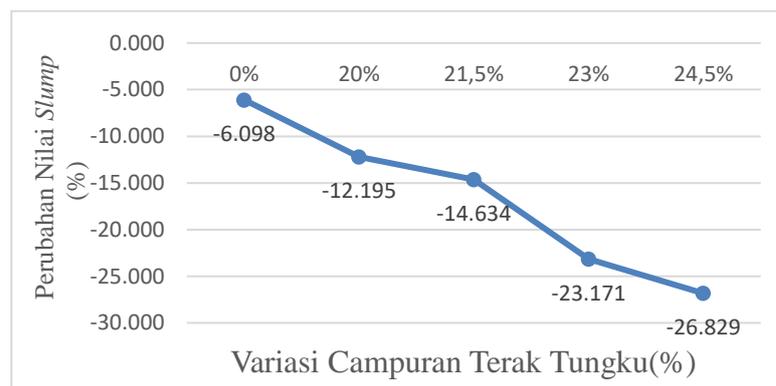
$$\frac{2,400 - 2,700}{2,700} \times 100 = -11,111 \%$$

Perubahan nilai *slump* dengan SP BT 20% :

$$\frac{3,850 - 4,100}{4,100} \times 100 = -6,098 \%$$



Gambar 5.4 Perubahan Nilai *Slump* Tanpa SP 0,6%



Gambar 5.5 Perubahan Nilai *Slump* Dengan SP 0,6%

Tabel 5.6 Perubahan Nilai *Slump* Akibat SP 0,6% Pada Tiap Variasi

Kode Benda Uji	Nilai <i>Slump</i> (cm)		Perubahan <i>Slump</i>	
	Tanpa SP	Dengan SP	cm	%
0 %	2,7	4,1	1,4	51,852
20%	2,4	3,9	1,5	60,417
21,5%	2,2	3,6	1,4	61,798
23%	2,1	3,5	1,4	64,706
24,5%	2	3,2	1,4	57,500
26 %	2	3	1	50,000

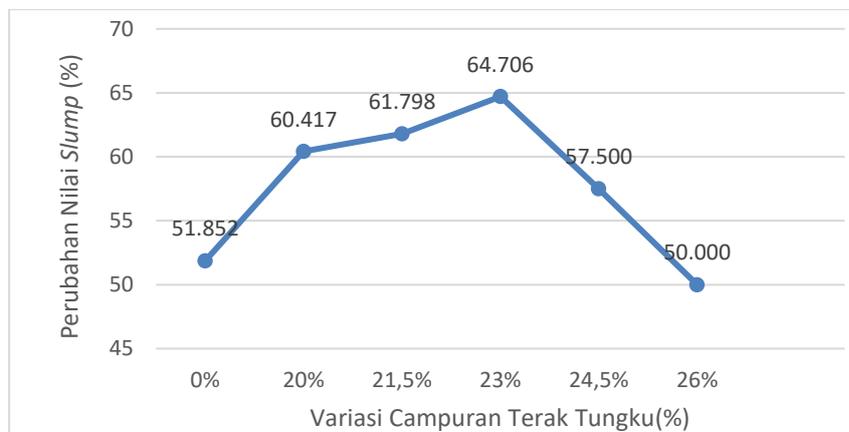
Pada Tabel 5.6 di atas menjelaskan tentang berapa persen peningkatan nilai *slump* yang terjadi akibat *superplasticizer (sika viscocrete 1003)* 0,6% dimana pada *slump* yang awalnya tanpa ditambahkan *superplasticizer* setelah ditambahkan *superplasticizer* dicari seberapa besar perubahan yang terjadi pada *slump* tersebut. Perubahan nilai *slump* untuk beton normal variasi 0% dapat dilihat pada perhitungan berikut.

Perubahan nilai *slump*:

$$\frac{4,100 - 2,700}{2,700} \times 100 = 51,852 \%$$

Perubahan nilai *slump* rata-rata yang terjadi :

$$\frac{51,852 + 60,417 + 61,798 + 64,706 + 57,500 + 50,000}{6} \times 100 = 57,712 \%$$



Gambar 5.6 Perubahan Nilai Slump Akibat SP 0,6% Pada Tiap Variasi

Dari Gambar 5.1 untuk nilai *slump* pada tiap variasi yang tanpa ditambahkan *sika viscocrete 1003* didapat nilai *slump* yakni terkecil 2 cm pada variasi 26% dan tertinggi pada variasi beton normal 2,7 cm. Pada penambahan terak tungku dengan variasi dari 20% sampai 26% nilai *slump* cenderung mengalami penurunan dengan penambahan kadar terak tungku. Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya terak tungku PT. Madubaru (PG-PS Madukismo) menyebabkan nilai *slump* menurun dibanding beton normal karena terak tungku disini umumnya memiliki sifat *higroskopik*. *Higroskopik* menurut Sediaoetomo, (2000) yaitu bahwa

abu yang kering umumnya bersifat higroskopik, artinya abu yang mempunyai kemampuan menyerap air dengan baik.

Pada Gambar 5.2 untuk nilai *slump* yang ditambahkan *superplasticizer* (*sika viscocrete 1003*) sebanyak 0,6% dari berat semen didapat nilai *slump* yakni menjadi lebih besar yaitu 3 cm sampai 4,1 cm. Hal ini dikarenakan *sika viscocrete 1003* itu sendiri digolongkan kedalam *High Range Water Reducer* yang mampu meningkatkan kinerja kelecakan atau *workability* adukan beton dan mengurangi terjadi *bleeding* dan *segregasi*. Dimana hasil yang didapat setelah ditamhkannya *superplasticizer* ialah meningkatnya nilai *slump* yang awalnya rendah menjadi lebih tinggi selain itu terjadi juga peningkatan *workability*. Hasil tersebut diperkuat 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.

Gambar 5.3 menjelaskan perbandingan nilai *slump* pada tiap variasi, diketahui bahwa hasil nilai *slump* tanpa ditambahkan *sika viscocrete 1003* nilai *slump* berkisar antara 0-3 cm yang artinya mengakibatkan *workability* menjadi menurun. Namun setelah ditambahkan *sika viscocrete 1003* sebanyak 0,6% dari berat semen nilai *slump* menjadi lebih tinggi yaitu 3-5 cm sehingga *workability* menjadi semakin baik. Dengan demikian penambahan *sika viscocrete 1003* dan terak tungku diperoleh nilai optimalnya pada variasi BT23% yaitu 64,706% dan mengalami perubahan rata-rata sebesar 57,712%.

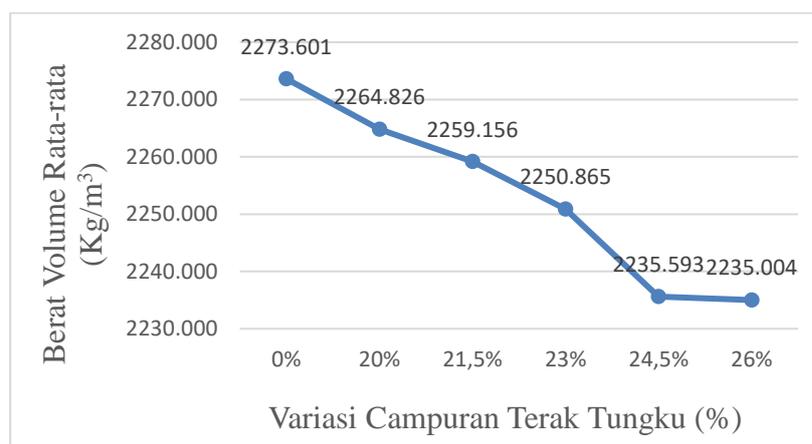
5.4.2 Berat Volume Beton

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 kuat tekan 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 Tabel 5.7. dan Gambar 5.7 berikut ini:

Tabel 5.7 Nilai Berat Volume Rata-rata

Kode Benda Uji	Berat Volume Rata-rata (kg/m ³)	Persentase Perubahan (%)
0%	2273,601	0
20%	2264,826	-0,386
21,5%	2259,156	-0,635
23%	2250,865	-1,000
24,5%	2235,593	-1,672
26 %	2235,004	-1,698



Gambar 5.7 Nilai Berat Volume Rata-rata

Dari hasil penelitian pada Tabel 5.7 beton normal dengan penambahan *sika viscocrete 1003* 0,6% mengalami penurunan dari 2308,248 Kg/m³ menjadi 2273,601 Kg/m³ dengan persen perubahan sebesar -1,581% dan Gambar 5.7 dapat diketahui bahwa berat volume beton dengan *sika viscocrete 1003* 0,6% pada variasi 0% yaitu sebesar 2273,601 Kg/m³ sedangkan berat volume beton terkecil terdapat pada variasi BT-26% yaitu sebesar 2235,004 Kg/m³. Berdasarkan hasil di atas terlihat bahwa berat volume beton semakin menurun seiring dengan bertambahnya kadar terak tungku. Hal ini dikarenakan terak tungku pada penelitian ini dijadikan sebagai bahan tambah campuran beton tetapi dalam kenyataannya ketika menjadi

mortar atau beton segar terak tungku ini akan menjadi bahan substitusi seluruh bahan penyusun beton untuk memenuhi satu volume tabung silinder. Disamping itu berat jenis terak tungku dan *sika viscocrete 1003* lebih ringan dibandingkan dengan berat jenis semen dimana terak tungku memiliki nilai berat jenis sebesar 1,29 dan berat jenis *sika viscocrete 1003* yaitu 1,065 sedangkan berat jenis semen sebesar 3,15 artinya suatu bahan memiliki berat jenis kecil mempunyai volume yang besar sehingga dengan berat yang sama membutuhkan jumlah semen yang lebih banyak. Dan sebaliknya, bahan dengan berat jenis yang besar tidak membutuhkan semen yang banyak.

5.4.3 Penyerapan Air

Pemeriksaan serapan air pada benda uji dilakukan pada umur benda uji 28 hari, dimana setelah dilakukan perendaman selama 28 hari benda uji dikeluarkan dari dalam bak lalu di lab langsung ditimbang untuk mendapatkan berat basahnya. Setelah itu benda uji dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam, kemudian ditimbang setelah di oven selama 24 jam untuk mendapatkan berat kering oven maka didapat nilai penyerapan air. Adapun hasil pemeriksaan penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini:

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Penyerapan Air Beton Tekan

Kode Benda Uji	Berat Basah (kg)	Berat Kering Oven (kg)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
Campuran Normal				
BN 1	12,700	11,955	5,866	2,088
BN 2	12,800	12,307	3,852	
BN 3	12,700	12,674	0,205	
BN 4	12,800	12,760	0,313	
BN 5	12,700	12,674	0,205	
Rata-rata	12,740	12,474	2,088	

Lanjutan Tabel 5.8 Hasil Pengujian Penyerapan Air Beton Tekan

Kode Benda Uji	Berat Basah (kg)	Berat Kering Oven (kg)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
Campuran SP				
BSP 6	12,869	12,267	4,678	2,886
BSP 7	12,876	12,311	4,388	
BSP 8	12,820	12,614	1,6607	
BSP 9	12,767	12,580	1,465	
BSP 10	12,901	12,605	2,294	
Rata-rata	12,847	12,475	2,886	
Campuran 20%				
BT 6	12,742	12,420	2,527	3,027
BT 7	12,671	12,310	2,849	
BT 8	12,651	12,280	2,933	
BT 9	12,725	12,400	2,554	
BT 10	12,592	12,054	4,273	
Rata-rata	12,676	12,293	3,027	
Campuran 21,5%				
BT 1	12,517	12,173	2,748	3,297
BT 2	12,610	12,240	2,934	
BT 3	12,516	12,069	3,571	
BT 4	12,591	12,153	3,479	
BT 5	12,528	12,053	3,752	
Rata-rata	12,552	12,139	3,297	
Campuran 23%				
BT 1	12,460	12,020	3,531	3,459
BT 2	12,636	12,184	3,577	
BT 3	12,452	12,041	3,301	
BT 4	12,554	12,119	3,465	
BT 5	12,568	12,138	3,421	
Rata-rata	12,534	12,100	3,459	
Campuran 24,5%				
BT 6	12,320	11,923	3,222	3,504
BT 7	12,585	12,145	3,496	
BT 8	12,303	11,862	3,584	
BT 9	12,457	12,015	3,548	
BT 10	12,535	12,075	3,670	
Rata-rata	12,475	12,004	3,504	

Lanjutan Tabel 5.8 Hasil Pengujian Penyerapan Air Beton Tekan

Kode Benda Uji	Berat Basah (kg)	Berat Kering Oven (kg)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
Campuran 26%				
BT 1	12,425	11,968	3,678	3,522
BT 2	12,525	12,128	3,170	
BT 3	12,445	11,927	4,162	
BT 4	12,453	12,049	3,244	
BT 5	12,525	12,105	3,353	
Rata-rata	12,475	12,035	3,522	

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Penyerapan Air Beton Tarik

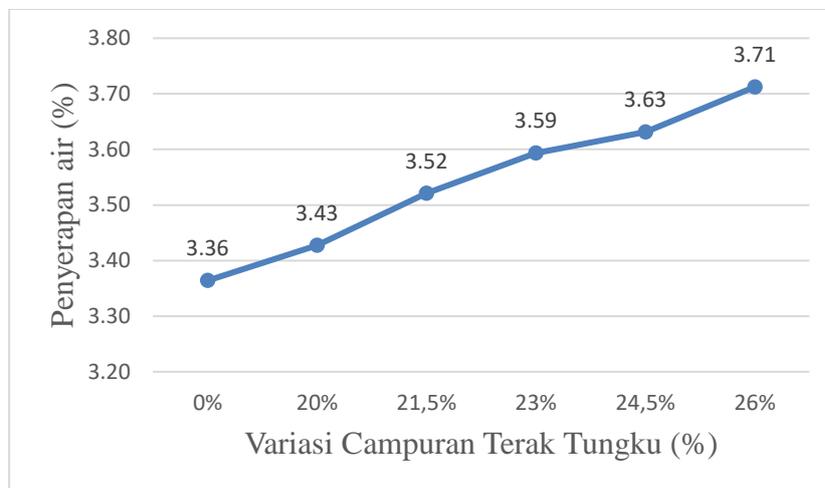
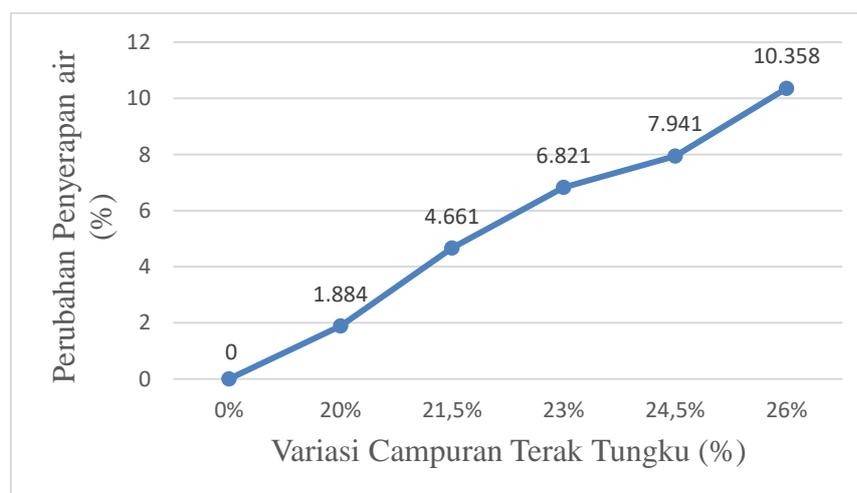
Kode Benda Uji	Berat Basah (kg)	Berat Kering Oven (kg)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
Campuran BN				
BN 11	13	12,281	4,762	3,789
BN 12	12,653	12,218	3,438	
BN 13	12,885	12,317	4,408	
BN 14	12,874	12,428	3,464	
BN 15	13,033	12,600	3,322	
Rata-rata	12,889	12,369	3,879	
Campuran SP				
BSP 16	12,655	12,235	3,319	3,841
BSP 17	12,524	11,916	4,855	
BSP 18	12,607	12,140	3,704	
BSP 19	12,569	12,100	3,731	
BSP 20	12,673	12,217	3,598	
Rata-rata	12,606	12,122	3,841	
Campuran 20%				
BT 11	12,636	12,211	3,355	3,828
BT 12	12,643	12,154	3,868	
BT 13	12,663	12,203	3,633	
BT 14	12,581	12,117	3,688	
BT 15	12,800	12,212	3,594	
Rata-rata	12,665	12,180	3,824	

Lanjutan Tabel 5.9 Hasil Pengujian Penyerapan Air Beton Tarik

Kode Benda Uji	Berat Basah (kg)	Berat Kering Oven (kg)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
Campuran 21,5%				
BT 11	12,683	12,233	3,548	3,745
BT 12	12,691	12,166	4,137	
BT 13	12,766	12,293	3,705	
BT 14	12,623	12,165	3,628	
BT 15	12,713	12,242	3,705	
Rata-rata	12,695	12,220	3,745	
Campuran 23%				
BT 6	12,684	12,174	4,021	3,728
BT 7	12,594	12,124	3,732	
BT 8	12,575	12,104	3,746	
BT 9	12,508	12,009	3,989	
BT 10	12,505	12,111	3,151	
Rata-rata	12,573	12,104	3,728	
Campuran 24,5%				
BT 1	12,545	12,038	4,041	3,758
BT 2	12,519	12,132	3,091	
BT 3	12,524	12,142	3,050	
BT 4	12,584	12,015	4,522	
BT 5	12,485	12,975	4,085	
Rata-rata	12,531	12,060	3,758	
Campuran 26%				
BT 6	12,502	11,947	4,439	3,903
BT 7	12,555	12,126	3,417	
BT 8	12,572	12,049	4,160	
BT 9	12,545	12,161	3,061	
BT 10	12,503	12,948	4,439	
Rata-rata	12,535	12,046	3,903	

Tabel 5.10 Persentase Perubahan Penyerapan Air Rata-rata

Kode Benda Uji	Penyerapan Beton Tekan	Penyerapan Beton Tarik	Penyerapan Beton Rata-rata	Persentase Perubahan (%)
0%	2,886	3,789	3,364	0
20%	3,027	3,828	3,427	1,884
21,5%	3,297	3,745	3,521	4,661
23%	3,459	3,728	3,593	6,821
24,5%	3,504	3,758	3,631	7,941
26%	3,522	3,903	3,712	10,358

**Gambar 5.8 Hasil Pengujian Penyerapan Air Rata-rata Beton****Gambar 5.9 Perubahan Nilai Pengujian Penyerapan Air Rata-rata Beton**

Dari Gambar 5.8 dan Gambar 5.9 di atas, dapat dilihat bahwa penyerapan air menggunakan bahan tambah terak tungku yang tertinggi terdapat pada beton BT-26% sebesar 3,71% sedangkan untuk nilai penyerapan air yang terendah terdapat pada beton normal dengan *sika viscocrete 1003* sebesar 3,36%. Dimana keseluruhan hasil serapan air yang terjadi pada beton tersebut masih memenuhi standar yang ditetapkan oleh PUBI-1982 yang disyaratkan serapan air maksimal pada beton adalah sebesar 35%.

Perubahan nilai penyerapan air pada tiap variasi secara keseluruhan mengalami peningkatan seiring bertambahnya terak tungku dimana peningkatan yang terbesar terjadi pada variasi 26% sebesar 10,358% dari beton normal dengan *sika viscocrete 1003*. Berdasarkan data di atas diketahui bahwa beton yang menggunakan bahan tambah terak tungku memiliki penyerapan air yang meningkat. Hal ini sekaligus memperkuat hasil dari data pengujian *slump* dan berat volume beton artinya dengan meningkatnya hasil penyerapan air sehingga pengujian *slump* dan berat volume beton mengalami penurunan. Sesuai dengan pendapat Sofwan Hadi (2000) yang menyatakan bahwa penggunaan terak tungku akan menambah serapan air pada beton dan mengurangi *workability*.

Penelitian lain Martinus (2013) mendapatkan 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 terak ketel abu ampas tebu mempunyai sifat menyerap air yang cukup tinggi, sehingga nilai penyerapan air mengalami peningkatan seiring penambahan terak tungku.

5.4.4 Kuat Tekan Benda Uji

Setelah dilakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan benda uji tersebut. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji umur 28 hari dengan kuat tekan yang direncanakan $f'c$ sebesar 42 MPa sebanyak 70 sampel dengan menggunakan metode *SNI 03-6468-2000*, yang terdiri dari tujuh variasi. Untuk masing-masing variasi dibuat 10 sampel

dengan 5 uji kuat tekan dan 5 uji kuat tarik setiap variasi dengan pemberian bahan pengganti terak tungku sebesar 20%, 21,5%, 23%, 24,5% dan 26% dari berat semen dan penambahan *sika viscocrete 1003* tetap sebesar 0,6% dari berat semen.

Sebelum pengujian dilakukan, pada bagian atas benda uji diberi kaping dengan tujuan agar permukaan bidang tekan menjadi rata sehingga beban yang diterima dapat terdistribusi secara merata. Pengujian beton dengan uji tekan dapat dilihat pada perhitungan berikut. Rekapitulasi pengujian kuat tekan benda uji beton silinder dapat dilihat pada Tabel 5.8:

Contoh Pengujian Kuat Tekan Beton Normal Tanpa *Sika Viscocrete 1003*

Benda Uji BN 5

$$\begin{aligned} \text{Kuat Desak} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{760000 \text{ N}}{17939,503 \text{ mm}^2} \\ &= 42,365 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

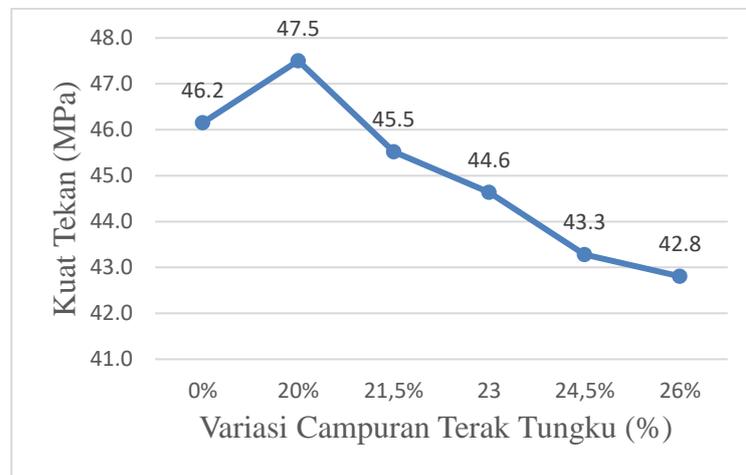
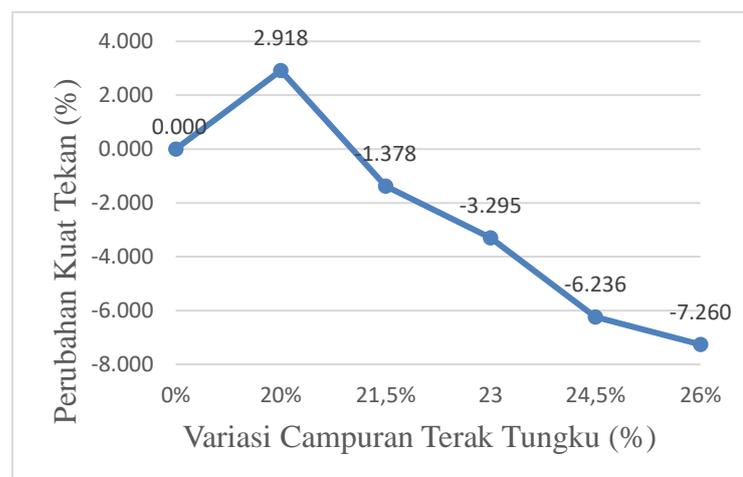
Kode Benda Uji	Luas Tampang (mm ²)	Beban Max (N)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
Campuran BN				
T1	17884,152	735000	41,098	42,360
T2	17789,465	785000	44,127	
T3	17695,028	748000	42,272	
T4	17884,152	750000	41,937	
T5	17939,503	760000	42,365	
Rata-rata	17838,460	755600	42,360	
Campuran SP				
T6	18002,865	765000	42,493	46,156
T7	18289,379	840000	45,928	
T8	17907,864	875000	48,861	
T9	17848,615	780000	43,701	
T10	17872,303	890000	49,798	
Rata-rata	17984,205	830000	46,156	

Lanjutan Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Kode Benda Uji	Luas Tampang (mm ²)	Beban Max (N)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
Campuran BT 20%				
T1	17884,152	890000	49,765	47,503
T2	17955,333	900000	50,124	
T3	17931,590	850000	47,402	
T4	17955,333	890000	49,567	
T5	17955,333	730000	40,656	
Rata-rata	17936,348	852000	47,503	
Campuran BT 21,5%				
T6	17907,864	750000	41,881	45,520
T7	18014,758	840000	46,628	
T8	17872,303	840000	47,000	
T9	17931,590	780000	43,499	
T10	17801,287	865000	48,592	
Rata-rata	17905,560	820000	45,520	
Campuran BT 23%				
T1	17754,022	680000	38,301	44,635
T2	17919,725	890000	49,666	
T3	17671,459	850000	48,100	
T4	17801,287	850000	47,749	
T5	18038,556	710000	39,360	
Rata-rata	17837,010	796000	44,635	
Campuran BT 24,5%				
T6	17943,460	860000	47,928	43,278
T7	18110,043	700000	38,653	
T8	17872,303	690000	38,607	
T9	17671,459	880000	49,798	
T10	17872,303	740000	41,405	
Rata-rata	17893,913	776000	43,278	
Campuran BT 26%				
T1	18674,915	890000	47,658	42,805
T2	17813,113	735000	41,262	
T3	17730,413	700000	39,480	
T4	17824,943	830000	46,564	
T5	17919,725	700000	39,063	
Rata-rata	17992,622	771000	42,805	

Tabel 5.12 Persentase Perubahan Kuat Tekan Rata-rata

Kode Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Persentase Perubahan Kuat Tekan (%)
0%	46,156	0
20%	47,503	2,918
21,5%	45,520	-1,378
23%	44,635	-3,295
24,5%	43,278	-6,236
26%	42,805	-7,260

**Gambar 5.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata Beton****Gambar 5.11 Perubahan Nilai Kuat Tekan Pada Tiap Variasi**

Dari hasil penelitian kuat tekan beton normal mengalami peningkatan dengan penambahan *sika viscocrete 1003* (0,6%) yaitu beton normal tanpa *sika viscocrete 1003* (0,6%) diperoleh kuat tekan sebesar 42,4 MPa dan beton normal dengan *sika viscocrete 1003* (0,6%) sebesar 46,2 MPa dengan presentasi perubahan sebesar 8,963% hal ini sesuai keterangan fungsi produk PT. Sika Indonesia bahwa *sika viscocrete 1003* memiliki sifat pelumas tanpa merubah kadar air sehingga nilai FAS tidak berubah, optimal dalam penyatuan atau kohesi campuran, kuat dalam sifat memadat dengan sendirinya.

Gambar 5.10 di atas dapat dilihat bahwa kuat tekan rata-rata beton yang tertinggi terdapat pada campuran beton dengan penambahan terak tungku 20% (BT-20%) yaitu sebesar 47,5 MPa dan kuat tekan beton yang terendah terdapat pada campuran beton dengan penambahan terak tungku 26% (BT-26%) yaitu sebesar 42,8 MPa. Benda uji BT-20% di Gambar 5.11 mengalami peningkatan sebesar 2,918% dari beton normal dengan *sika viscocrete 1003* (0,6%) sedangkan pada benda uji BT-26% mengalami penurunan yang dari beton normal dengan *sika viscocrete 1003* yaitu sebesar -7,260% dan variasi lainnya.

Gambar 5.10 menjelaskan hasil penambahan *sika viscocrete 1003* (0,6%) dan terak tungku variasi 20% sampai 26% kuat tekan mengalami penurunan yang berhubungan dengan hasil nilai *slump* pada Gambar 5.3 yang kecil sehingga menghasilkan *workability* rendah dan menjadi salah satu penyebab porositas tinggi. Dengan banyaknya porositas maka akan menghasilkan hasil berat volume beton yang rendah sesuai hasil penelitian pada Gambar 5.4 yaitu mengalami penurunan dan menyebabkan penyerapan air yang semakin tinggi yang dijelaskan pada Gambar 5.8, dengan menurunnya berat volume beton dan penyerapan air yang semakin meningkat adalah salah satu penyebab turunya kualitas beton dalam memikul beban khususnya kemampuan beton dalam memikul beban tekan. Dengan demikian penambahan terak tungku 20%, semen dan terak tungku bisa mengatasi porositas beton sehingga kuat tekannya meningkat dari beton normal dengan *sika viscocrete 1003* (0,6%) dengan persen berubah sebesar 2,918%. Sedangkan penambahan terak tungku di atas 20% dengan semen yang tetap semen dan terak tungku tidak dapat mengatasi porositas beton sehingga menurunkan kuat tekan.

5.4.5 Kuat Tarik Benda Uji

Seperti pada pengujian kuat tekan setelah dilakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tarik belah benda uji. Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada benda uji umur 28 hari yang terdiri dari 5 variasi yaitu dengan bahan tambah terak tungku sebesar 20%, 21,5%, 23%, 24,5% dan 26% dari berat semen dan penambahan *sika viscocrete 1003* sebesar 0,6% dari berat semen. Pengujian benda uji untuk tarik belah dapat langsung di uji tanpa diberi kaping. Pengujian beton tarik belah dapat dilihat pada perhitungan berikut. Rekapitulasi pengujian kuat tarik belah dapat dilihat pada Tabel 5.13:

Contoh Pengujian Tarik Belah

Benda Uji BN T11

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tarik Belah} &= \frac{2 \times P}{\pi \times L \times D} \\ &= \frac{2 \times 198000 \text{ N}}{3,14 \times 300,950 \text{ mm}^2 \times 150,350 \text{ mm}^2} \\ &= 2,786 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

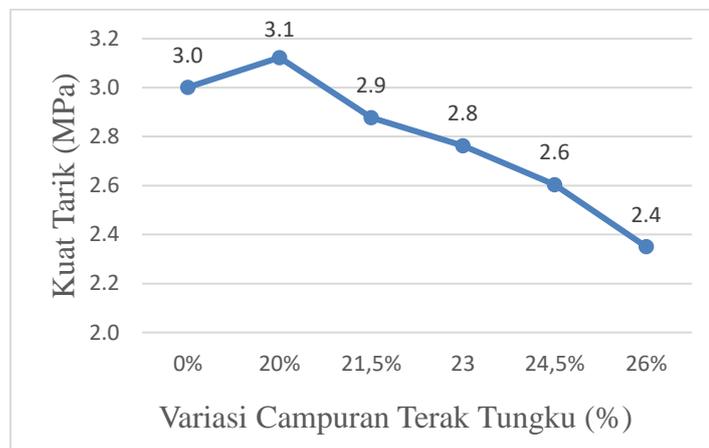
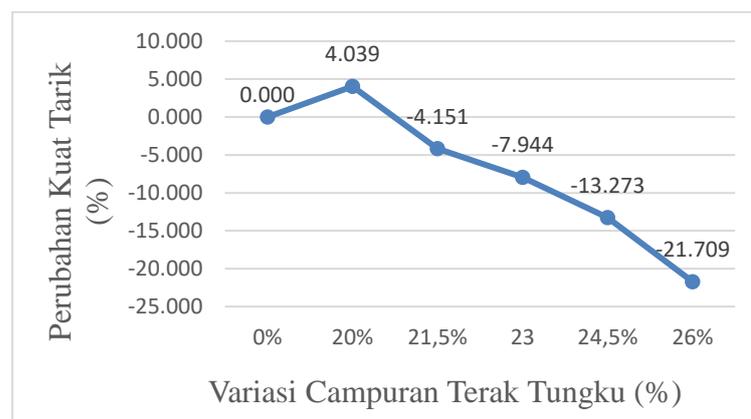
Kode Benda Uji	Dimensi Beton (mm ²)		Beban Max (N)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata-rata (MPa)
	Diameter (D)	Tinggi (L)			
Campuran Normal					
T11	150,350	300,950	198000	2,786	2,704
T12	150,425	301,825	188000	2,636	
T13	150,225	301,950	200000	2,807	
T14	150,325	301,700	195000	2,737	
T15	150,275	301,250	183000	2,556	
Rata-rata	150,520	301,535	192800	2,704	
Campuran SP					
T16	150,800	301,650	225000	3,149	3,002
T17	149,800	299,350	230000	3,265	
T18	150,325	302,275	235000	3,292	
T19	150,525	301,175	180000	2,528	
T20	151,450	302,925	200000	2,775	
Rata-rata	150,580	301,475	214000	3,002	

Lanjutan Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Kode Benda Uji	Dimensi Beton (mm ²)		Beban Max (N)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata-rata (MPa)
	Diameter (D)	Tinggi (L)			
Campuran BT 20%					
T11	151,300	301,825	225000	3,137	3,123
T12	150,075	301,250	230000	3,098	
T13	150,100	301,775	235000	3,092	
T14	150,775	301,375	180000	3,292	
T15	151,300	301,875	200000	2,997	
Rata-rata	150,710	301,620	223000	3,123	
Campuran BT 21,5%					
T11	150,375	302,875	197000	2,754	2,877
T12	150,500	302,000	152000	2,129	
T13	150,750	301,600	230000	3,220	
T14	150,050	301,900	228000	3,204	
T15	150,350	302,525	220000	3,079	
Rata-rata	150,405	302,180	205400	2,877	
Campuran BT 23%					
T6	150,800	301,350	234000	3,278	2,763
T7	151,100	300,900	264000	3,697	
T8	149,600	300,750	175000	2,476	
T9	150,300	301,150	176000	2,475	
T10	151,100	300,800	135000	1,891	
Rata-rata	150,580	300,990	196800	2,763	
Campuran BT 24,5%					
T1	151,350	301,100	230000	3,213	2,603
T2	150,650	300,850	199000	2,795	
T3	149,700	301,400	165000	2,328	
T4	150,600	301,100	183000	2,569	
T5	151,000	301,050	150800	2,112	
Rata-rata	150,660	301,100	185560	2,603	
Campuran BT 26%					
T6	151,100	300,900	173000	2,422	2,350
T7	150,400	300,900	172000	2,420	
T8	149,800	300,250	152000	2,251	
T9	150,600	301,750	184000	2,578	
T10	150,400	300,950	155000	2,180	
Rata-rata	150,460	300,950	167200	2,350	

Tabel 5.14 Persentase Perubahan Kuat Tarik Belah Rata-rata

Kode Benda Uji	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)	Persentase Perubahan Kuat Tarik Belah (%)
0%	3,002	0
20%	3,123	4,039
21,5%	2,877	-4,151
23%	2,763	-7,944
24,5%	2,603	-13,273
26%	2,350	-21,709

**Gambar 5.12 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Rata-rata Beton****Gambar 5.13 Perubahan Nilai Kuat Tarik Belah Pada Tiap Variasi**

Dari Gambar 5.12 di atas dapat dilihat bahwa kuat tarik belah beton tertinggi terdapat pada penambahan terak tungku campuran beton dengan variasi 20% (BT-

20%) yaitu sebesar 3,1 MPa dan kuat tarik belah beton yang terendah terdapat pada variasi penambahan terak tungku 26% (BT- 26%) yaitu sebesar 2,4 MPa. Pada Gambar 5.12 diketahui bahwa benda uji BT-20% mengalami peningkatan sebesar 4,039% dari beton normal dengan *sika viscocrete 1003* sedangkan pada benda uji BT- 26% mengalami penurunan dibanding beton normal dengan *sika viscocrete 1003* yaitu sebesar 2,4 MPa dengan persen penurunan -21,709% begitu juga dengan variasi lainnya. Penurunan kuat tarik belah beton sebanding dengan hasil kuat tekan yaitu secara garis besar mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar terak tungku sebagai bahan tambah hal ini berarti kadar terak tungku yang berlebihan akan menyebabkan turunnya kuat tarik beton tersebut, kadar yang paling optimum untuk pengujian kuat tarik belah yaitu adalah pada variasi 20% yang mengalami peningkatan tertinggi sebesar 4,039% dibanding dengan variasi lainnya.

5.4.6 Perbandingan $f'c$ Rencana dan $f'c$ Hasil Penelitian

Pada penelitian beton mutu tinggi dengan penambahan terak tungku ini sebelumnya telah ditentukan $f'c$ rencana sebesar 42 MPa yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 (Pd T-18-1999-03) adalah beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan variasi beton normal tanpa *sika viscocrete 1003* (0,6%) didapat $f'c$ sebesar 42,4 MPa sedangkan beton normal dengan *sika viscocrete 1003* (0,6%) didapat $f'c$ sebesar 46,2 MPa. Dari hasil penelitian pengaruh penggunaan *sika viscocrete 1003* dapat meningkatkan kekuatan beton dari $f'c$ rencana 42 MPa dengan persen perubahan beton normal tanpa *sika viscocrete 1003* (0,6%) sebesar 0,952% dan beton normal dengan *sika viscocrete 1003* (0,6%) sebesar 10% karena *sika viscocrete 1003* memiliki kelebihan yaitu optimal dalam penyatuan atau kohesi campuran, kuat dalam sifat memadat dengan sendirinya.

Pengaruh penambahan terak tungku dan *sika viscocrete 1003* (0,6%) terhadap $f'c$ rencana 42 MPa pada penelitian ini mengalami peningkatan dengan $f'c$ hasil penelitian tertinggi pada variasi 20% yaitu sebesar 47,5 MPa sedangkan hasil terendah pada variasi 26% yaitu sebesar 42,8 dengan persen perubahan sebesar 13,095% pada variasi 20% dan 1,905% pada variasi 26%. Sehingga hasil penelitian

ini dengan persen penambahan terak tungku 20% sampai 26% dan sika viscocrete 1003 (0,6%) mendapatkan hasil $f'c$ di atas rencana. Disamping itu dengan bertambahnya terak tungku $f'c$ hasil penelitian cenderung mengalami penurunan hal ini bisa disebabkan terak tungku memiliki sifat higroskopik atau zat yang menyerap air dengan baik sehingga menghasilkan nilai *slump* yang kecil, menghasilkan workability rendah, menyebabkan porositas, penyerapan air yang tinggi, dan menghasilkan berat volume rendah yang menyebabkan turunnya $f'c$ hasil penelitian. *Slump*, berat volume, penyerapan air, kuat tekan, kuat tarik belah serta, rata-rata berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.3, Gambar 5.7 Gambar 5.8, Gambar 5.10 dan Gambar 5.12.