

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Bahan Campuran Beton

Pengujian bahan campuran beton terdiri dari pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar. Pemeriksaan bahan campuran dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan, Jurusan Teknik sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Adapun hasil dari pemeriksaan bahan campuran beton benda uji yang diperoleh sebagai berikut:

4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Menggunakan Pasir Progo dan *Steel Slag*

4.2.1 Gradasi Agregat Halus (pasir progo dan *Steel Slag*)

Pemeriksaan ini mengacu pada (SNI ASTM C 136 : 2012), data hasil pemeriksaan gradasi agregat dapat dilihat sebagai berikut:

a. Steel Slag

Dari hasil analisis agregat halus yang menggunakan bahan tambahan limbah steel slag di dapatkan nilai MHB sebesar 3,02. Sehingga agregat halus lolos dari persyaratan berdasarkan SK SNI S-04-1989-F, MHB pasir antara 1,5-3,8

b. Pasir Kali Progo

Dari hasil analisis agregat halus yang menggunakan bahan tambahan limbah steel slag di dapatkan nilai MHB sebesar 2,04.

Adapun hasil pemeriksaan dan hitungan modulus halus butiran (MHB) bisa dilihat pada lampiran I.

4.2.2 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (Pasir progo dan *Steel Slag*)

Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus (pasir progo dan *Steel Slag*) mengacu pada peraturan (SNI 03 -1970-1990), adapun hasil penelitian bisa dilihat sebagai berikut:

a. Hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus/pasir progo

Dari hasil pengujian didapatkan berat jenis agregat halus pasir progo sebesar 2,31, sehingga agregat halus lolos persyaratan menurut SNI 1970 : 2008 yang menyebutkan batas berat jenis agregat halus 2,3 – 2,6.

b. Sedangkan hasil berat jenis agregat halus yang menggunakan *Steel Slag* didapatkan hasil berat jenis sebesar 2,94.

Adapun hasil pemeriksaan dan hitungan berat jenis dan penyerapan air gregat halus bisa dilihat pada lampiran I.

4.2.3 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus (pasir progo dan *Steel Slag*)

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus (pasir progo dan *Steel Slag*) yang mengacu pada peraturan (SNI-142-03-1969) bahwa kadar lumpur maksimum agregat halus sebesar 5% dari berat keringnya. Pada pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai kadar lumpur agregat halus sebagai berikut :

a. *Steel Slag*

Dari hasil pengujian kadar lumpur agregat halus (*Slag*) didapatkan hasil kadar lumpur 1%.

b. pasir progo

Dari hasil pengujian kadar lumpur agregat halus (pasir progo) mendapatkan nilai kadar lumpur sebesar 2,40%.

Adapun hasil pemeriksaan dan hitungan kadar lumpur agregat halus bisa dilihat pada lampiran I.

4.2.4 Pengujian Kadar Air Agregat Halus (pasir progo dan *Steel Slag*)

Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus (pasir progo dan *Steel Slag*) mengacu pada peraturan (SNI 03-1971-1990), adapun hasil pemeriksaan kadar air bisa dilihat sebagai berikut:

a. *Steel Slag*

Dari hasil pengujian kadar air agregat halus (*Slag*) didapatkan nilai kadar air sebesar 1,11%.

b. Pasir progo

Dari hasil pengujian kadar air agregat halus (pasir progo) didapatkan nilai kadar air sebesar 1,63%.

Adapun untuk perhitungan dari pemeriksaan kadar air agregat halus bisa dilihat pada lampiran I.

4.3 Hasil pemeriksaan agegat kasar menggunakan (krikil/*Splite*) dari daerah Clereng, yogyakarta

4.3.1 Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (krikil/*Splite*)

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (Clereng) yang mengacu pada peraturan (SNI 03-1970-1990) yang menyebutkan bahwa nilai berat jenis agregat kasar normal berkisar antara 2,5 – 2,7. Pemeriksaan berat jenis agregat kasar yang telah dilaksanakan didapatkan nilai berat jenis jenuh kering muka sebesar 2,51 dan penyerapan air sebesar 1,42 %. Adapun hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air serta analisis hitungan dapat dilihat pada lampiran

4.3.2 Pengujian kadar air agregat kasar (krikil/*Splite*)

Pengujian kadar air agregat kasar yang mengacu pada peraturan (SNI 03-1971-1990) didapatkan nilai kadar air sebesar 3,4. Adapun analisis perhitungan kadar air agregat kasar (kerikil/*Splite*) dapat dilihat pada lampiran

4.3.3 Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar (kerikil/*Splite*)

Pengujian kadar lumpur agregat kasar yang mengacu pada peraturan (SNI 03-1968-1990) didapatkan nilai kadar lumpur sebesar 2,48%. Adapun analisis hitungan hitungan dapat dilihat pada lampiran I.

4.3.4 Pengujian keausan agregat kasar (kerikil/*Splite*)

Pengujian keausan butiran agregat kasar (kerikil/*Splite*) mengacu pada peraturan (SNI 03-2417-2008) didapatkan nilai keausan agregat kasar sebesar 20,3%. Adapun untuk analisis perhitungan keausan agregat kasar dapat dilihat pada lampiran

4.4 Hasil Perencanaan Campuran (*Mix Design*) Beton

Dalam perencanaan campuran beton (*mix design*) beton benda uji dilaksanakan mengacu pada peraturan (SNI 03-2834-2000). Pada perencanaan campuran beton (*mix design*) ini bertujuan untuk mengetahui proporsi bahan campuran beton yang diperlukan sesuai kebutuhan. Hasil perencanaan campuran beton (*mix design*) dengan volume benda uji yang akan dipakai yaitu

silinder ukuran 7,5 x 15 cm. Berdasarkan perhitungan mix design dapat dilihat pada Lampiran II, maka diperoleh campuran beton sebagai berikut:

Tabel 4.1 Perencanaan campuran beton untuk 1 m³

Material	Variasi Pencampuran Beton			Satuan
	Beton A.H. Slag 50%, Dan Additive	Beton A.H. Slag 100%, Dan Additive	Beton Normal Additive	
Semen	499,76	499,76	499,76	kg/m ³
Agregat Halus	375,17	-	528,62	kg/m ³
Agregat Kasar	954,99	954,99	981,72	kg/m ³
Steel Slag	375,17	750,35	-	kg/m ³
Air	204,90	204,90	204,90	liter
Plastocrete RT 06	2,998	2,998	2,998	liter
Sikament NN	14,992	14,992	14,992	liter

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.1 didapatkan perencanaan campuran beton untuk 1 m³ berupa proporsi campuran beton dengan menggunakan limbah *steel slag* untuk agregat kasar 954,99 kg, agregat halus 750,35 kg, semen 499,76 kg, air 204,90 liter sedangkan untuk perencanaan campuran beton normal additive untuk 1 m³ agregat kasar 981,72 kg, agregat halus 528,62 kg, semen 499,76 kg, air 204,90 liter.

Tabel 4.2 Perencanaan campuran beton untuk 1 sampel silinder 7,5 cm X 15 cm

Material	Variasi Pencampuran Beton			Satuan
	Beton A.K. Slag 50%, Dan Additive	Beton A.K. Slag 100%, Dan Additive	Beton Normal Additive	
Semen	0,33	0,33	0,33	kg/m ³
Agregat Halus	0,50	-	0,35	kg/m ³
Agregat Kasar	0,63	0,63	0,65	kg/m ³
Steel Slag	0,50	1	-	kg/m ³

Air	0,14	0,14	0,14	liter
<i>Plastocrete RT 06</i>	0,0019	0,0019	0,0019	liter
<i>Sikament NN</i>	0,0098	0,0098	0,0098	liter

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.2 didapatkan perencanaan campuran beton untuk 1 silider dengan ukuran silinder 7,5 x 15 cm menggunakan limbah *Steel Slag* dengan variasi 50 %, 100 % dalam campuran beton dan normal *additive*

4.5 Hasil Pengujian *Slump* dan Waktu Ikat (*Setting Time*)

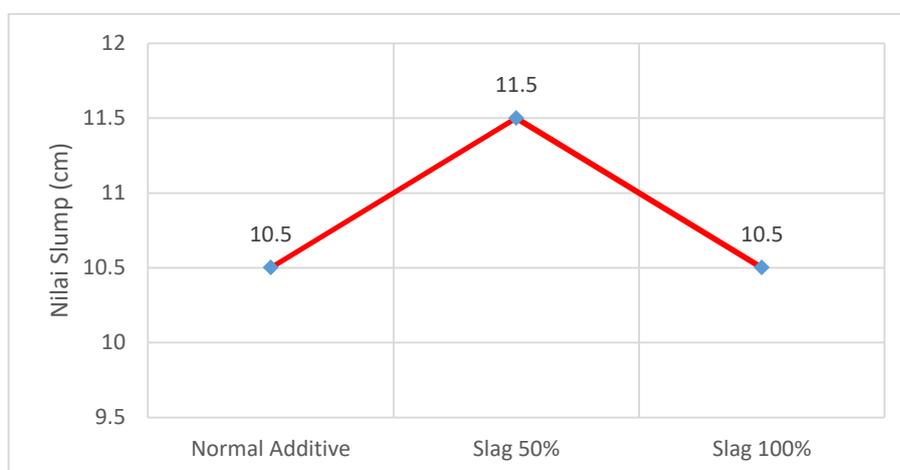
4.5.1 Pemeriksaan nilai *slump*

Pengujian *slump* ini dilakukan pada beton segar dengan bahan campuran berupa zat *additiveplastocrete RT06* sebesar 0,6 %, *sikamentNN* sebesar 3 % dari berat semen dan *steel slag* 50 %, 100 % sebagai pengganti agregat halus. Menggunakan alat berupa kerucut *abrahams* yang diisi dengan beton segar kemudian dihitung keruntuhannya saat kerucut diangkat dan diletakan disamping beton. Nilai *slump* beton digunakan untuk kemudahan dalam pengerjaanya (*Workability*) dan juga digunakan untuk mengukur kekentalan atau kelecakan dari suatu beton. Kekentalan beton segar sangat tergantung dari penggunaan jumlah airnya dalam campuran beton.

Pada penelitian ini nilai *slump* yang direncanakan yaitu 10 ± 2 , sehingga pada saat perencanaan (*mix design*) beton normal *additive*, beton dengan campuran *steel slag* 50 % dan 100 % sebagai pengganti agegat halus pemakain airnya akan dikurangi pada saat pengadukan beton. Hal tersebut dikarenakan penambahan zat *additive plastocrete RT06* sebesar 0,6 %, *sikamentNN* sebesar 3 % dari berat semen berfungsi mengurangi kebutuhan air pada saat pengadukan benda uji, maka pada proses pengadukan beton air yang digunakan dituang secara perlahan dan dikontrol agar nilai *slump* dapat tercapai. Adapun hasil dari nilai *slump* bisa dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil Pengujian *Slump* Beton Segar

No	Nama	Nilai <i>Slump</i> rata – rata (cm)	Jumlah sisa air (ml)	Jumlah sisa air %
1	Normal Additive	10,5	320	21,62
2	50 % Slag	11,5	382	26,18
3	100 % Slag	10,5	394	26,62

Gambar 4.1 Grafik Nilai *Slump* Tiap Variasi Campuran

Berdasarkan pada Tabel 4.3 diperoleh hasil pengujian *slump* beton segar dengan variasi zat *additive plastocrete RT06* sebesar 0,6%, *sikament NN* sebesar 3% dan *steel slag* 50% dan 100% sebagai pengganti agregat halus dengan pengurangan air pada beton normal additive sebesar 320 ml atau 21,62%, *steel slag* 50% sebesar 387 ml atau 26,18% dan *steel slag* 100% sebesar 394 ml atau 26,62%. Dari hasil pengujian *slump* didapat nilai slump tinggi yaitu menggunakan *steel slag* 50 % sebesar 11,5 cm, sehingga dapat disimpulkan bawasannya variasi tersebut memiliki *workability* yang baik.

Berdasarkan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa penambahan zat *additive* berupa *plastocrete RT06* dan *sikament NN* dalam campuran beton merupakan kriteria bahan tambah yang dapat mengurangi penggunaan air hingga maksimal 25 % hal ini dikarenakan kandungan dalam zat *additive* tersebut, pada pengujian yang telah dilakukan untuk beton normal *additive* membuktikan bahwa penggunaan zat

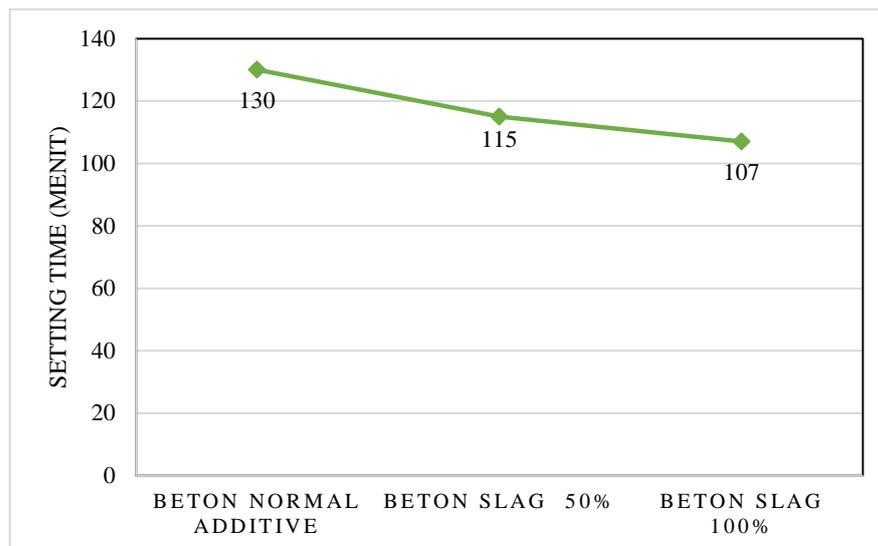
additive dalam campuran beton memenuhi pengurangan air. Untuk beton dengan menggunakan limbah *steel slag* 50% dan 100% sebagai pengganti agregat halus serta menambahkan zat *additive* berupa *plastocrete RT060*, 6% dan *sikament NN3* dalam campuran beton pengurangan airnya melebihi dari syarat yang ditentukan yaitu sebesar 26,18% dan 26,62% ini disebabkan karena limbah *steel slag* tersebut memiliki pori-pori yang sangat kecil dibandingkan dengan material normal *additive* yang dimana jumlah pengurangan air sebesar sehingga tidak banyak dalam penyerapan airnya.

4.5.2 Pemeriksaan waktu ikat (*Setting Time*)

Pemeriksaan waktu ikat (*setting time*) bertujuan untuk mengetahui keadaan plastis beton, mudah saat pengerjaannya dan dibentuk sehingga pada saat beton mengeras atau kaku beton tidak dapat berubah bentuknya. Jadi waktu ikat (*setting time*) untuk mengetahui berapa lama beton tersebut mengeras dan tidak berubah bentuknya. Untuk hasil waktu ikat beton (*setting time*) bisa dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan Waktu Ikat (*Setting Time*)

No	Umur Beton (Hari)	Variasi Campuran Beton	<i>Setting Time</i> (menit)
1	7	Normal <i>Additive</i>	130
2	21		
3	28		
4	7	<i>Slag</i> 50%	115
5	21		
6	28		
7	7	<i>Slag</i> 100%	107
8	21		
9	28		



Gambar 4.2 Grafik Waktuikat(*setting time*)

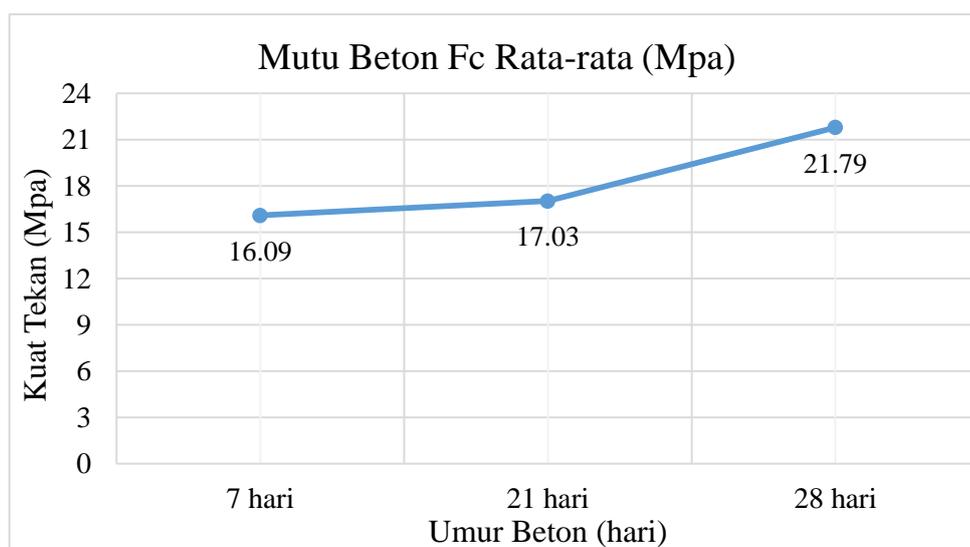
Berdasarkan hasil dari waktu ikat beton (*setting time*) diketahui bahwa pada beton normal *additive* memerlukan waktu ikat selama 130 menit, sedangkan waktu ikat dengan variasi *slag* 50%, 100% sebagai pengganti agregat halus memerlukan waktu ikat selama 115 menit, 107 menit, lebih cepat 15 menit dari waktu ikat sebelumnya. Peningkatan waktu ikat pada beton variasi disebabkan karena penggunaan limbah *steel slag* sebagai pengganti agregat halus memiliki pori-pori yang sangat kecil sehingga tidak terlalu banyak menyerap air dan juga salah satu sifat zat *additiveplastrocrete RT06* yang merupakan bahan tambah (*admixture*) berfungsi ganda sebagai mengurangi kadar pemakaian air (*water reducad*), dan mempercepat pengikatan awal (*superplasticizer*).

4.6 Hasil pengujian kuat tekan beton

Pada penelitian ini didapatkan nilai kuat tekan beton dengan bahan tambah zat *additiveplastrocrete RT 06* sebesar 0,6%, *sikament NN* sebesar 3% dan variasi *Steel Slag* sebesar 50 %, 100 % sebagai pengganti substitusi agregat halus kemudian beton direndam (*curing*) dengan usia perendaman 7 hari, 21 hari dan 28 hari. Pengujian kuat tekan beton ini dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan merk *hung ta* dengan kapasitas hingga 150 MPa dan akan dibaca oleh komputer sehingga hasil dapat langsung terlihat.

Tabel 4.5 Hasil Kuat Tekan Beton Normal *Additive*

Variasi campuran beton	Umur benda uji	Berat Benda Uji (gr)	Peak Point (N)	Luas Alas (cm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
Normal dengan penambahan bahan <i>additive</i>	7	1535	7940	44,18	16,64	16.09
		1540	7420	44,18	15,54	
	21	1620	8080	45,48	16,44	17.03
		1625	8820	46,32	17,62	
	28	1595	11550	44,65	23,94	21.79
		1545	9400	44,3	19,64	

Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal *Additive*

Kuat tekan beton yang direncanakan pada penelitian sebesar 37,35 MPa seperti pada Lampiran II. Hasil pengujian yang telah dilakukan didapat kuat tekan beton normal *additive* sebesar 21,79 MPa. Nilai kuat tekan beton mengalami penurunan sebesar 41,65%, hal tersebut disebabkan oleh porositas beton. Porositas merupakan persentase perbandingan pori-pori atau ruang kosong terhadap volume beton. Pori-pori merupakan gelembung udara yang terjebak dalam beton. Porositas beton umumnya terjadi akibat dari kesalahan dalam pelaksanaan seperti faktor air semen, besar kecilnya nilai *slump*, pemilihan tipe susunan gradasi agregat gabungan, maupun terhadap lamanya pemadatan (Irwan dkk., 2017).

Dari Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan beton normal dengan bahan tambah zat *additive* berupa *plastocrete RT06* 0,6 % dan *pikament NN* 3 % dalam campuran beton mengalami kenaikan. Hal tersebut karna pengaruh dari

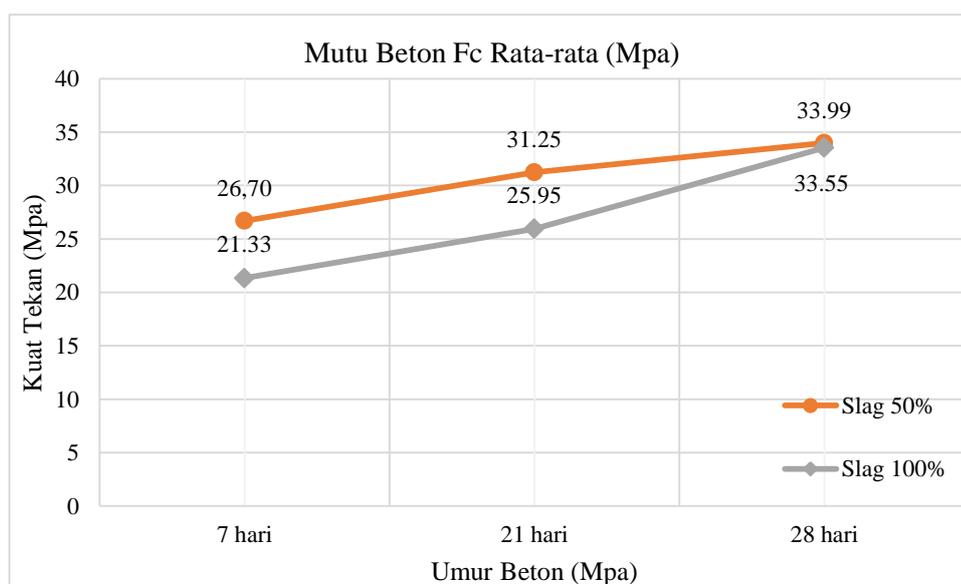
umur beton, nilai kuat tekan beton pada usia 7 hari sebesar 16,09 MPa, pada umur 21 hari sebesar 17,03 MPa, pada umur 28 hari sebesar 21,79 MPa. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan beton normal additive mengalami kenaikan terus menerus seiring dengan umur beton.

Tabel 4.6 Hasil Kuat Tekan Beton Variasi 50 % *Steel Slag*

Variasi campuran beton	Umur benda uji	Berat Benda Uji (gr)	Peak Point (N)	Luas Alas (cm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
Agregat Kasar <i>Steel Slag</i> 50%	7	1915	12530	44,18	26.25	26,70
		1910	12950	44,18	27,13	
	21	1920	14600	44,18	30.58	31,25
		1905	15230	44,18	31.90	
	28	1925	15880	44,18	33.27	33,99
		1915	16560	44,18	34.69	

Tabel 4.7 Hasil Kuat Tekan Beton Variasi 100 % *Steel Slag*

Variasi campuran beton	Umur benda uji	Berat Benda Uji (gr)	Peak Point (N)	Luas Alas (cm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
Agregat Kasar <i>Steel Slag</i> 100%	7	1920	9560	44.18	20.02	21,33
		1910	10810	44.18	22.65	
	21	1925	14290	44.18	29.94	25,95
		1915	10480	44.18	21.96	
	28	1927	15470	44.18	32.41	33,55
		1930	16560	44.18	34.69	

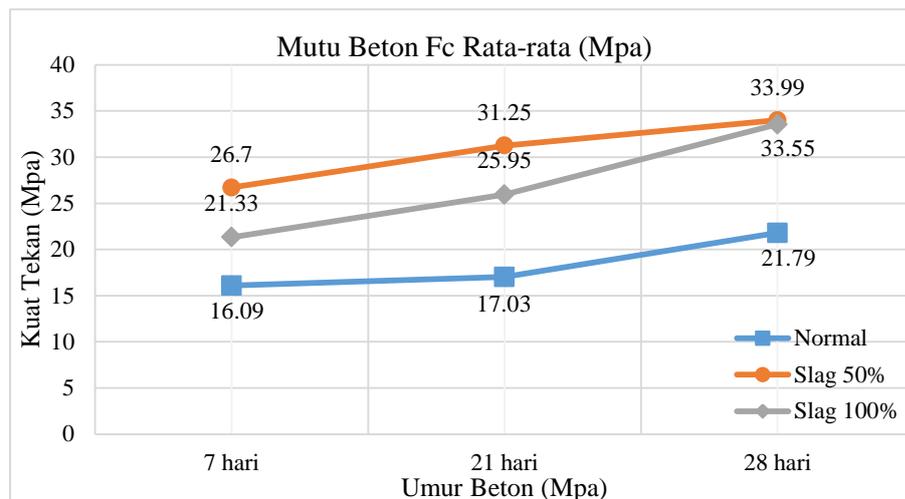


Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton *Steel Slag* 50% dan 100%

Kuat tekan beton yang direncanakan pada penelitian sebesar 37,35 MPa seperti pada Lampiran II. Hasil pengujian yang telah dilakukan didapat kuat tekan beton variasi *steel slag* tertinggi sebesar 33,99 MPa. Nilai kuat tekan beton mengalami penurunan sebesar 9,88%, hal tersebut disebabkan oleh porositas beton. Porositas merupakan persentase perbandingan pori-pori atau ruang kosong terhadap volume beton. Pori-pori merupakan gelembung udara yang terjebak dalam beton. Porositas beton umumnya terjadi akibat dari kesalahan dalam pelaksanaan seperti faktor air semen, besar kecilnya nilai *slump*, pemilihan tipe susunan gradasi agregat gabungan, maupun terhadap lamanya pematangan (Irwan dkk., 2017).

Dari Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan beton variasi *steel slag* 50% dan 100% sebagai pengganti agregat halus dengan bahan tambah zat *additive* berupa *plastocrete RT06* 0,6 % dan *sikament NN* 3 % dalam campuran beton mengalami kenaikan. Hal tersebut karena pengaruh dari umur beton, nilai kuat tekan beton pada usia 7 hari sebesar 26,70 MPa dan 21,33 MPa atau perbandingan kenaikan sebesar 25,17%, pada umur 21 hari sebesar 31,25 MPa dan 25,95 MPa atau perbandingan kenaikan sebesar 20,41%, pada umur 28 hari sebesar 33,55 MPa dan 33,99 MPa. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa beton variasi *steel slag* sebagai pengganti agregat halus dapat meningkatkan nilai kuat tekan terus menerus seiring dengan umur beton.

Berdasarkan pada Tabel 4.5, Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 maka grafik hubungan hasil kuat tekan menurut umur perendaman beton dengan penambahan zat *additive plastocrete RT06* 0,6% dan *sikament NN* 3% serta perbedaan variasi *steel slag* 50%, 100% sebagai pengganti agregat halus dalam campuran beton dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik hubungan umur beton dengan kuat tekan beton

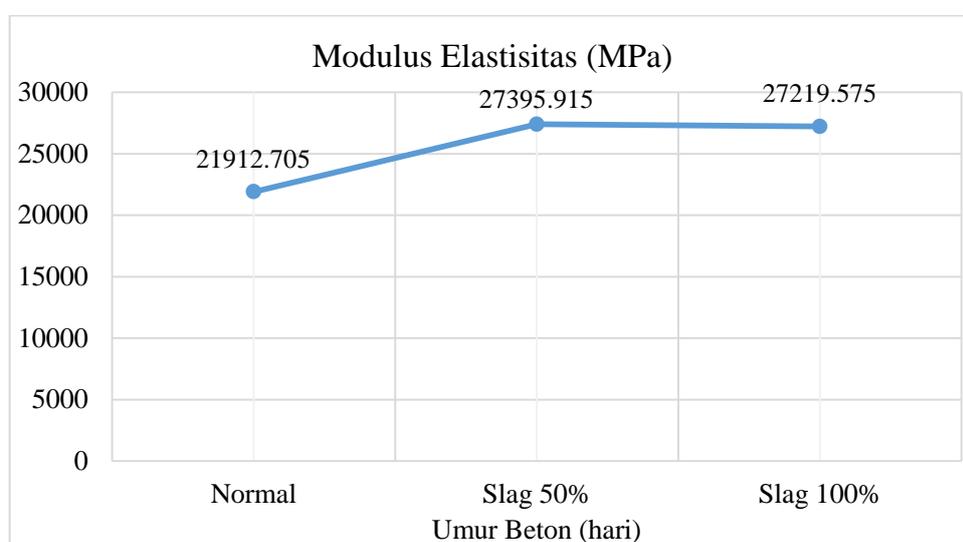
Berdasarkan pada Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan beton normal *additive*, serta beton variasi *steel slag* 50%, dan 100% pengganti agregat halus dalam campuran beton umur 7 hari mencapai nilai kuat tekan sebesar 26,7 MPa dan 21,33 MPa, kuat tekan beton tersebut mengalami peningkatan sebesar 39,73% dan 24,56% dari beton normal *additive* yang hanya sebesar 16,09 MPa. Sedangkan untuk umur 21 hari mencapai nilai kuat tekan beton sebesar 31,25MPa dan 25,95 MPa, kuat tekan beton tersebut mengalami peningkatan sebesar 45,50% dan 34,37% dibandingkan dengan beton normal *additive* hanya sebesar 17,03 MPa, untuk umur beton 28 hari kuat tekan beton sebesar 33,99 MPa dan 33,55 MPa atau sebesar 35,89% dan 35,05% dibandingkan dengan beton normal *additive* yang hanya sebesar 21,79 MPa. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah *steel slag* sebagai pengganti agregat halus dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton.

4.7 Pengujian modulus elastisitas beton

Pada penelitian ini didapatkan nilai modulus elastisitas beton dengan bahan tambah zat *additive plastocrete RT06* 0,6%, *sikament NN3*% dan variasi *steel slag* sebesar 50%, 100% sebagai pengganti substitusi agregat halus dan direndam (*curing*) beton pada usia perendaman 28 hari. Adapun hasil modulus elastisitas beton dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Hasil Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton

Variasi Campuran Beton	Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)	Rata-rata Modulus Elastisitas (MPa)
Normal <i>additive</i>	28	23.94 19,64	22996,40 20829,01	21912,705
Agregat halus <i>Slag 50%</i>	28	33.27 34.69	27109,67 27682,16	27395,915
Agregat halus <i>Slag 100%</i>	28	32.41 34.69	26756,99 27682,16	27219,575



Gambar 4.7 Grafik modulus elastisitas beton

Hubungan kuat tekan beton dengan modulus elastisitas beton dinyatakan dalam bentuk persamaan yaitu $4700 \sqrt{f'c}$ 28 hari. Berdasarkan Tabel 4.8 beton *steel slag* 50% dan 100% memiliki nilai modulus elastisitas sebesar 27395,915 MPa dan 27219,575 MPa. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa beton variasi limbah *steel slag* 50% dan 100% memiliki nilai modulus elastisitas lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal *additive*.