

Pengaruh Penambahan RD 31 pada Beton dengan Substitusi *Ground Granulated Blast Furnance Slag*

ANNI SUSILOWATI, SERIN GINTING

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta
Email: anni.susilowati@sipil.pnj.ac.id

ABSTRAK

Jauhnya lokasi batching plant dengan tempat penuangan kerap kali membuat beton setting sehingga dibutuhkan bahan tambah retarder. Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) memiliki komposisi kimia mirip semen. Oleh karena itu, dilakukan penelitian penambahan retarder pada beton dengan substitusi GGBFS sebagai pengganti sebagian semen untuk mengetahui pengaruh (dengan uji regresi SPSS), sifat fisik dan mekanik beton, serta mendapatkan kadar optimum penambahan retarder. Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan variasi campuran 90% semen, 10% GGBFS dengan retarder 0%, 0,2%, 0,4%, dan 0,6% berat semen dengan fas 0,5 sesuai SNI 03-2834-2000. Hasil penelitian menunjukkan retarder 0,2% - 0,6% mampu meningkatkan kuat tekan sebesar 19,61 - 50,59%. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kadar optimum 0,2% karena memiliki sifat paling baik.

Kata kunci: GGBFS, kuat tekan, retarder

ABSTRACT

Long distance between batching plant to the pouring area often causes the concrete undergo a setting, so that a retarder addition material is needed. Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) which has a chemical composition similar to cement. Therefore, a research was conducted on retarder addition to concrete with GGBFS substitution as a partial cement substitute to obtain the effect (regression analysis method in SPSS), physical and mechanical properties of concrete, and to obtain the optimum level of retarder addition. This research used an experimental method with a mixture variation of 90% cement, 10% GGBFS with retarder percentage as follows; 0%, 0.2%, 0.4%, and 0.6% of cement weight with a water/cement is 0.5 according to SNI 03-2834-2000. The results of research with the addition of a retarder of 0.2% - 0.6% were able to increase the compressive strength by 19.61 - 50.59%. Based on the results, the optimum level of retarder is at a variation of 0.2% as it has the best physical and mechanical properties.

Keywords: GGBFS, compressive strength, retarder

1. PENDAHULUAN

Kapitalisasi pasar konstruksi di Indonesia dari tahun ke tahun meningkat. Menurut data dari Asosiasi Semen Indonesia (ASI) penjualan semen meningkat sebesar 8,6% dibanding tahun 2017. Pada tahun 2018, penjualan semen mencapai 75,2 juta ton, Hal ini menunjukkan semakin meningkatnya penjualan semen. Produksi semen di dunia membutuhkan sekitar 3 miliar ton bahan baku setiap tahunnya (Bilim, C., Atis, D. C., Tanyildizi, H., & Karahan, O., 2009) dan sekitar 2,5% emisi total CO₂ diseluruh dunia bersumber dari industri pabrik semen (Cakir, O. & Akoz, F., 2008). Dampak lingkungan terhadap emisi CO₂ ini dapat diatasi dengan substitusi sebagian semen portland menggunakan *granulated blast furnace slag* (Arini et al., 2019). GGBFS merupakan GBFS yang dihaluskan, bersifat *cementious*, serta memiliki kandungan kimia yang mirip semen OPC, sehingga dapat digunakan sebagai bahan perekat agregat seperti semen pada umumnya (Saranya, P., Nagarajan, P., & Shashikala, A. P., 2018). Kandungan kimia yang dominan dalam *slag* mengandung oksida besi dan silikat. Secara fisik dan kimia, *slag* mirip dengan terak tanur tinggi atau clinker. *Blast Furnace Slag* adalah kerak (*slag*), bahan sisa dari pengecoran besi (*pig iron*) (Syafitri, A., 2018). SiO₂, CaO₂, AlO₃, dan MgO merupakan senyawa utama GGBFS dimana senyawa utamanya mirip dengan senyawa pembuatan semen (Turuallo, G., 2013). Meningkatnya penjualan semen juga menandakan bahwa meningkatnya produksi beton. Indonesia merupakan negara bertemperatur 30°C – 32°C. Hal ini membuat beton cepat mengalami hardening, yang menyebabkan sukarnya penuangan dan penyelesaian, selain itu terlampau jauhnya jarak *batching plant* dengan proyek. Jika beton sudah mengalami setting sebelum penuangan, maka beton tersebut sudah tidak dapat dipakai dan akan menambah jumlah limbah beton yang dapat merusak kesuburan tanah dan ekosistem sekitarnya. Maka dari itu, dibutuhkan bahan tambah berupa *retarder* pada beton untuk menghindari terjadinya hal tersebut.

Hasil penelitian (Bakastri, A., 2019), penggunaan GGBFS sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton dengan kadar 10% menambah kuat tekan dan kuat belah beton masing-masing 12,72% dan 17,00% pada umur 28 hari. Dalam penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan GGBFS dengan variasi 10% dapat diaplikasikan pada bangunan *low rise building* untuk elemen kolom dan balok. Persentase optimum *retarder* terdapat pada kadar 0,6% pada umur beton 28 hari dan menambah kuat tekan sebesar 6,24% (Nurfitriani, N. & Wibawa, T., 2019).

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul "Pengaruh Penambahan Retarder pada Beton dengan Substitusi GGBFS penambahan GGBFS". Waktu *setting* pada beton akan bertambah karena penambahan GGBFS (Karim, G. A., Susilowati, E., & Pratiwi, W., 2018). Kuat tekan beton dapat menurun apabila menggunakan *retarder* secara berlebihan pada campuran beton (Putra, F. Z., Prihantono, & Murtinugraha, R. E., 2014) sehingga untuk menghindari hal tersebut digunakan GGBFS dan *retarder*. Kedua bahan ini cocok digunakan bila jarak antara *batching plant* dengan proyek sangat jauh. Berdasarkan penelitian di atas, kedua bahan ini juga menghasilkan kekuatan yang lebih kuat pada umur beton tertua, karena memiliki sifat yang sama diharapkan dapat menghasilkan sifat fisik dan mekanik beton yang lebih baik.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta yang dilaksanakan pada bulan April – Juli 2020.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:
(a) semen Tipe 1 (OPC);

- (b) agregat kasar butir maks 40 mm;
- (c) agregat halus pasir Bangka;
- (d) GGBFS;
- (e) retarder Naptha RD 31 (tipe D);
- (f) air Laboratorium Bahan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimental dengan membuat benda uji beton dengan faktor air semen sebesar 0,5. Variasi benda uji dengan perbandingan semen : GGBFS : retarder yaitu (90%:10%:0%), (90%:10%:0,2%), (90%:10%:0,4%), (90%:10%:0,6%) dari berat semen. Benda uji yang dibuat berbentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan pengujian pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari. Jumlah benda uji yang digunakan pada masing-masing pengujian berjumlah 3 silinder sehingga berjumlah 48 buah benda uji. Penelitian ini menggunakan metode *mix design* sesuai peraturan dan spesifikasi beton SNI 03-2834-2000 serta menggunakan software SPSS untuk menganalisa besarnya pengaruh penambahan retarder.

Berdasarkan mix design SNI 03-2834-2000 diperoleh kebutuhan bahan untuk 1 m³ yang disajikan pada **Tabel 1** dan **Tabel 2** sebagai berikut.

Tabel 1. Kebutuhan Bahan 1m³ tanpa Retarder

Material	Kebutuhan	Satuan
Semen	333	kg
Air	197,01	liter
Agregat Halus	677,72	kg
Agregat Kasar	1.070,27	kg
GGBFS	37	kg

Tabel 2. Kebutuhan Bahan 1m³ dengan Retarder

	Retarder 0%	Retarder 0,2%	Retarder 0,4%	Retarder 0,6%
Semen [kg]	333	333	333	333
GGBFS [kg]	37	37	37	37
Air [liter]	197,01	187,16	187,16	187,16
Agregat Halus [kg]	677,72	677,72	677,72	677,72
Agregat Kasar [kg]	1.070,27	1.070,27	1.070,27	1.070,27
Retarder [ml]	0	740	1.480	2.220

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian agregat kasar dan halus diperoleh hasil pengujian yang disajikan pada **Tabel 3** sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat

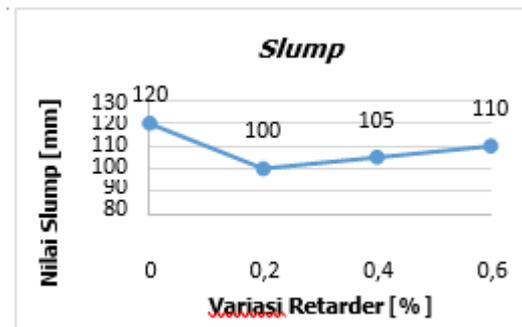
Sifat Bahan	Satuan	Agregat Kasar	Agregat Halus
Berat Jenis		2,36	2,60
Berat Jenis SSD		2,47	2,62
Penyerapan Air	%	4,84	0,79
Berat Isi Padat	kg/m ³	1.485,1	1.533,8
Berat Isi Lepas	kg/m ³	1.330	1.524,98
Voids Padat	%	36,931	40,84
Voids Lepas	%	43,518	41,18

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat lanjutan

Sifat Bahan	Satuan	Agregat Kasar	Agregat Halus
Kadar Air	%	1,64	5,16
Kadar Lumpur	%	0,93	1,32
Analisa Ayak	%	40	Zona 2
<i>Fineness Modulus</i> (FM)	mm	7,46	2,71

3.1 Sifat Fisik Beton

3.1.1 Pengujian *slump*

**Gambar 1. Grafik hasil pengujian *slump***

Berdasarkan **Gambar 1**, nilai *slump* tanpa *retarder* menghasilkan nilai *slump* tertinggi yaitu 120 mm. Kemudian nilai *slump* menurun sebesar 16,67% ketika ditambahkan *retarder* 0,2% menjadi 100 mm yang merupakan nilai *slump* terendah. Nilai *slump* mengalami penurunan karena *retarder* yang digunakan berifat *water reducer*, tetapi setelah itu nilai *slump* terus naik seiring dengan penambahan jumlah *retarder*. Penambahan *retarder* dengan kadar 0,4% naik sebesar 12,50%. Penambahan *retarder* sebesar 0,6% naik 8,33%. Nilai *slump* yang dihasilkan pada masing-masing variasi memperoleh nilai *slump* yang sesuai dengan perencanaan yaitu 60 – 180 mm. Untuk mengetahui besar pengaruh *retarder* terhadap nilai *slump*, akan dilanjutkan analisis dengan regresi *nonlinear quadratic* menggunakan software SPSS dengan hasil seperti **Gambar 2** sebagai berikut.

	Coefficients				
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Variasi Retarder	-106,250	43,750	-3,213	-2,429	,249
Variasi Retarder ** 2	156,250	69,877	2,958	2,236	,268
(Constant)	118,750	5,449		21,794	,029

Gambar 1. Coefficients nilai *slump*

Berdasarkan **Gambar 2** didapatkan nilai *constant* yang merupakan nilai *slump* sebesar 118,750. Nilai sebesar 118,750 didapatkan jika tidak adanya pencampuran *retarder*, sedangkan untuk nilai *b* yang merupakan variasi *retarder* pangkat satu diperoleh sebesar -106,250 serta untuk variasi *retarder* pangkat dua diperoleh sebesar 156,250. Hal ini menunjukkan bahwa koefisien regresi berpengaruh fluktuatif, yaitu naik dan turunnya bergantung pada besarnya variasi *retarder* yang ditambahkan. Sehingga dapat dituliskan ke dalam **Persamaan 1**, **Persamaan 2** dan **Persamaan 3** regresi *nonlinear quadratic* sebagai berikut.

$$Y = a + bx + cx^2 \quad \dots (1)$$

$$Y = 118,750 + (-106,250)x + 156,250x^2 \quad \dots (2)$$

$$Y = 118,750 - 106,250x + 156,250x^2 \quad \dots (3)$$

	Coefficients				
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		Sig.
	B	Std. Error	Beta	t	
Variasi Retarder	91,563	98,612	2,056	,929	,524
Variasi Retarder ** 2	-176,063	157,503	-2,475	-1,118	,465
(Constant)	2377,463	12,281		193,586	,003

Gambar 3. Model summary nilai slump

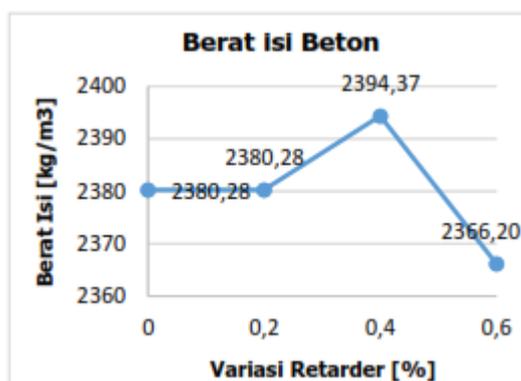
Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa penggunaan variasi retarder berpengaruh besar terhadap nilai slump. Hal ini dapat terlihat dari nilai R square sebesar 0,857; yang berarti bahwa variasi retarder berpengaruh sebesar 85,7% terhadap nilai slump.

	Coefficients				
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		Sig.
	B	Std. Error	Beta	t	
Variasi Retarder	91,563	98,612	2,056	,929	,524
Variasi Retarder ** 2	-176,063	157,503	-2,475	-1,118	,465
(Constant)	2377,463	12,281		193,586	,003

Gambar 4. ANOVA nilai slump

Berdasarkan Gambar 4, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,378. Nilai signifikansi yang diperoleh lebih dari 0,05; hal ini menunjukkan bahwa variasi retarder tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai slump.

3.1.2 Pengujian berat isi beton



Gambar 5. Grafik hasil pengujian berat isi beton segar

Pada Gambar 5, menunjukkan perbandingan berat isi beton yang konstan kemudian naik lalu turun. Berat isi terbesar dicapai oleh variasi retarder 0,4% sebesar 2.394,37 kg/m³ dan berat isi terendah ada pada variasi retarder 0,6% sebesar 2.366,20 kg/m³. Variasi retarder 0,2% - 0,4% mengalami peningkatan berat isi sebesar 0,59%, kemudian pada variasi retarder 0,6% berat isi menurun sebesar 1,18%. Dari hasil pengujian berat isi, rata-rata yang dihasilkan sebesar 2.380,28 kg/m³; naik sebesar 2,74% dari berat isi perencanaan. Berdasarkan SNI 03-

2834-2000 beton normal mempunyai berat isi 2.200 – 2.500 kg/m³. sehingga rata-rata dari hasil pengujian termasuk berat isi beton normal. Untuk mengetahui besar pengaruh *retarder* terhadap berat isi beton, akan dilanjutkan analisis dengan regresi *nonlinear quadratic* menggunakan software SPSS dengan hasil seperti **Gambar 6** sebagai berikut.

	Unstandardized Coefficients		Standardized	t	Sig.
	B	Std. Error	Coefficients		
Variasi Retarder	91,563	98,612	2,056	,929	,524
Variasi Retarder ** 2	-176,063	157,503	-2,475	-1,118	,465
(Constant)	2377,463	12,281		193,586	,003

Gambar 6. Coefficients berat isi

Berdasarkan **Gambar 6**, didapatkan nilai *constant* yang merupakan nilai berat isi sebesar 2.377,463. Nilai *b* yang merupakan variasi *retarder* pangkat satu diperoleh sebesar 91,563 serta untuk variasi *retarder* pangkat dua diperoleh sebesar -176,063. Hal ini menunjukkan bahwa koefisien regresi berpengaruh fluktuatif, yaitu naik dan turunnya bergantung pada besarnya variasi *retarder* yang ditambahkan. Sehingga dapat dituliskan ke dalam **Persamaan 4**, **Persamaan 5** dan **Persamaan 6** regresi *nonlinear quadratic* sebagai berikut.

$$Y = a + bx + cx^2 \quad \dots (4)$$

$$Y = 2.377,463 + 91,563x + (-176,063)x^2 \quad \dots (5)$$

$$Y = 2.377,463 + 91,563x - 176,063x^2 \quad \dots (6)$$

Model Summary			
R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,775	,600	-,200	12,600

The independent variable is Variasi Retarder.

Gambar 7. Model summary berat isi

Berdasarkan **Gambar 7**, menunjukkan nilai *R square* sebesar 0,600; yang berarti bahwa variasi *retarder* berpengaruh sebesar 60% terhadap berat isi.

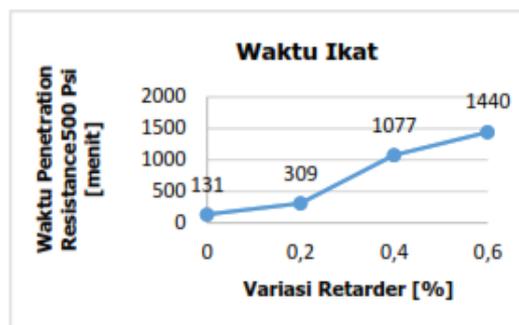
ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	238,008	2	119,004	,750	,633
Residual	158,766	1	158,766		
Total	396,774	3			

The independent variable is Variasi Retarder.

Gambar 8. ANOVA berat isi

Berdasarkan **Gambar 8**, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,633. Nilai signifikansi yang diperoleh lebih dari 0,05; hal ini membuktikan bahwa variasi *retarder* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap berat isi.

3.1.3 Pengujian waktu ikat



Gambar 9. Grafik hasil pengujian waktu ikat

Berdasarkan **Gambar 9** dapat dilihat bahwa waktu ikat cenderung naik seiring dengan pertambahan *retarder*. Hal ini membuktikan bahwa bahan tambah yang digunakan bekerja sesuai dengan fungsinya yaitu memperlambat waktu *setting* pada beton segar. Waktu ikat tercepat dicapai oleh variasi 0% yaitu 131 menit; disusul oleh variasi 0,2% sebesar 309 menit; kemudian pada variasi 0,4% sebesar 1.077 menit; lalu waktu ikat terbesar dicapai oleh variasi dengan kadar *retarder* terbanyak yaitu variasi 0,6% sebesar 1.440 menit. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi *retarder* terhadap waktu ikat akan dilanjutkan analisis dengan regresi *linear* sederhana pada software SPSS yang dapat terlihat pada **Gambar 10** sebagai berikut.

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized	t	Sig.
		B	Std. Error	Coefficients		
1	(Constant)	35,000	142,549		,246	,829
	Variasi Retarder	2347,500	380,977	,975	6,162	,025

a. Dependent Variable: Waktu Ikat

Gambar 10. *Coefficients* waktu ikat

Berdasarkan **Gambar 10** didapatkan nilai *constant* yang merupakan nilai waktu ikat sebesar 35,000. Untuk nilai *b* yang merupakan variasi *retarder* sebesar 2.347,500. Hal ini menunjukkan bahwa koefisien regresi berpengaruh positif yang menyatakan bahwa semakin tinggi penambahan variasi *retarder* menyebabkan waktu ikat beton segar semakin besar. Sehingga dapat dituliskan ke dalam **Persamaan 7** dan **Persamaan 8** regresi *linear* sederhana sebagai berikut.

$$Y = a + bx \quad \dots (7)$$

$$Y = 2.352,512 + 2.347,500x \quad \dots (8)$$

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,975 ^a	,950	,925	170,37826

a. Predictors: (Constant), Variasi Retarder

Gambar 11. *Model summary* waktu ikat

Berdasarkan **Gambar 11**, menunjukkan penggunaan variasi pengganti sebagian semen dengan GGBFS dan bahan tambah *retarder* berpengaruh kuat terhadap waktu ikat beton.

Didapat nilai R square sebesar 0,950; yang berarti penggunaan variasi pengganti sebagian semen dengan GGBFS 10% dan *retarder* berpengaruh sebesar 95% terhadap waktu ikat beton.

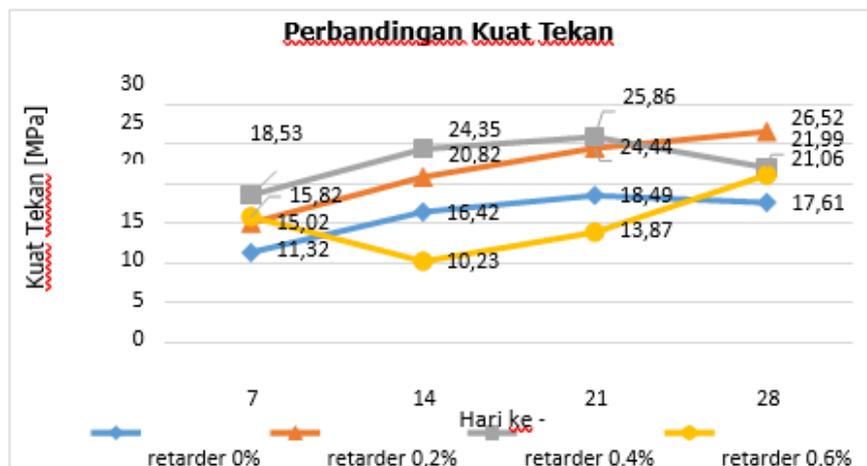
ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1102151,250	1	1102151,250	37,968	,025 ^b
	Residual	58057,500	2	29028,750		
	Total	1160208,750	3			

a. Dependent Variable: Waktu ikat

Gambar 12. ANOVA waktu ikat

Berdasarkan **Gambar 12** nilai signifikansi sebesar 0,025. Nilai signifikansi yang diperoleh 0,025 < 0,05; menunjukkan penggunaan variasi pengganti sebagian semen dengan GGBFS dan *retarder* berpengaruh secara signifikan terhadap waktu ikat beton segar.

3.1 Sifat Mekanik Beton



Gambar 13. Grafik perbandingan hasil kuat tekan

Berdasarkan **Gambar 13**, nilai kuat tekan dengan penambahan retarder 0,2% menunjukkan grafik yang terus meningkat seiring dengan bertambahnya umur beton. Pada variasi 0,2% didapatkan kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 26,52 MPa dengan peningkatan sebesar 19,61% - 50,59% dibandingkan dengan beton tanpa *retarder*. Kuat tekan beton umur 28 hari dengan substitusi GGBFS 10% tanpa *retarder* mencapai 31,59 MPa (Bakastri, A., 2019). Pada penelitian ini kuat tekan yang dihasilkan menurun sebesar 13,31% jika dibandingkan dengan penelitian tersebut. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh penambahan *retarder* pada campuran beton. Hasil penelitian terdahulu, didapatkan kadar optimum penambahan retarder terdapat pada variasi 0,6% dengan kuat tekan sebesar 22,013 MPa dan mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 6,24% (Nurfitriani, N. & Wibawa, T., 2019). Pada penelitian ini kuat tekan yang dihasilkan naik sebesar 16,99% jika dibandingkan dengan penelitian tersebut. Dosis yang paling ideal untuk pembahan bahan tambah pada campuran beton adalah pada dosis 0,2 liter/100 kg berat semen (Sutandar, E., 2014). Hal ini terlihat pada umur awal beton dan pada umur 28 hari kekuatannya semakin meningkat dan lebih besar dari pada beton normal tanpa bahan kimia tambahan.

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan *retarder* terhadap kuat tekan beton pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari akan dilakukan analisa dengan menggunakan regresi *nonlinear quadratic* dengan software SPSS sebagai berikut.

	Coefficients				
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
VariasiRetarder	32,543	10,552	2,824	3,084	,200
VariasiRetarder ** 2	-40,063	16,854	-2,177	-2,377	,254
(Constant)	11,018	1,314		8,384	,076

Gambar 14. Coefficients kuat tekan 7 hari

Berdasarkan **Gambar 14** didapatkan *output* SPSS untuk kuat tekan 7 hari. Nilai *constant* yang merupakan nilai kuat tekan sebesar 11,018. Nilai *b* yang merupakan variasi *retarder* pangkat satu diperoleh sebesar 32,543 serta untuk variasi *retarder* pangkat dua diperoleh sebesar -40,063. Hal ini menunjukkan bahwa koefisien regresi berpengaruh fluktuatif, yaitu naik dan turunnya bergantung pada besarnya variasi *retarder* yang ditambahkan.

Model Summary			
R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,965	,932	,795	1,348

The independent variable is VariasiRetarder.

Gambar 15. Model summary kuat tekan 7 hari

Gambar 15, menunjukkan penggunaan variasi pengganti sebagian semen dengan GGBFS dan bahan tambah *retarder* berpengaruh kuat terhadap terhadap kuat tekan 7 hari. Didapat nilai *R square* sebesar 0,932; yang berarti penggunaan variasi pengganti sebagian semen dengan GGBFS 10% dan *retarder* berpengaruh sebesar 93,2% terhadap kuat tekan 7 hari.

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	24,739	2	12,370	6,804	,262
Residual	1,818	1	1,818		
Total	26,557	3			

The independent variable is VariasiRetarder.

Gambar 16. ANOVA kuat tekan 7 hari

Gambar 16 nilai signifikansi sebesar 0,262. Nilai signifikansi yang diperoleh $0,262 > 0,05$; menunjukkan penggunaan variasi pengganti sebagian semen dengan GGBFS dan *retarder* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan beton umur 7 hari.

	Coefficients				
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
VariasiRetarder	61,930	29,365	2,627	2,109	,202
VariasiRetarder ** 2	-115,750	46,502	-3,074	-2,468	,245
(Constant)	15,581	3,657		4,260	,147

Gambar 17. Coefficients kuat tekan 14 hari

Berdasarkan **Gambar 17** didapatkan *output* SPSS untuk kuat tekan 14 hari. Nilai *constant* yang merupakan nilai kuat tekan sebesar 15,561. Nilai *b* yang merupakan variasi *retarder* pangkat satu diperoleh sebesar 61,930 serta untuk variasi *retarder* pangkat dua diperoleh sebesar -115,750. Hal ini menunjukkan bahwa koefisien regresi berpengaruh fluktuatif, yaitu naik dan turunnya bergantung pada besarnya variasi *retarder* yang ditambahkan.

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.935	.873	.620	3,752

The independent variable is VariasiRetarder.

Gambar 18. Model summary kuat tekan 14 hari

Gambar 18, menunjukkan penggunaan variasi pengganti sebagian semen dengan GGBFS dan bahan tambah *retarder* berpengaruh kuat terhadap kuat tekan 14 hari. Didapat nilai *R square* sebesar 0,873; yang berarti penggunaan variasi pengganti sebagian semen dengan GGBFS 10% dan *retarder* berpengaruh sebesar 87,3% terhadap kuat tekan 14 hari.

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	97,058	2	48,529	3,447	,356
Residual	14,078	1	14,078		
Total	111,136	3			

The independent variable is VariasiRetarder.

Gambar 19. ANOVA kuat tekan 14 hari

Gambar 19 nilai signifikansi sebesar 0,356. Nilai signifikansi yang diperoleh $0,356 > 0,05$; menunjukkan penggunaan variasi pengganti sebagian semen dengan GGBFS dan *retarder* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan beton umur 14 hari.

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
VariasiRetarder	61,056	15,540	2,845	3,929	,159
VariasiRetarder ** 2	-112,125	24,820	-3,271	-4,517	,139
(Constant)	18,046	1,935		9,324	,068

Gambar 20. Coefficients kuat tekan 21 hari

Berdasarkan **Gambar 20** didapatkan *output* SPSS untuk kuat tekan 21 hari. Nilai *constant* yang merupakan nilai kuat tekan sebesar 18,046. Nilai *b* yang merupakan variasi *retarder* pangkat satu diperoleh sebesar 61,056 serta untuk variasi *retarder* pangkat dua diperoleh sebesar -112,125. Hal ini menunjukkan bahwa koefisien regresi berpengaruh fluktuatif, yaitu naik dan turunnya bergantung pada besarnya variasi *retarder* yang ditambahkan.

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.978	.957	.872	1,986

The independent variable is VariasiRetarder.

Gambar 21. Model summary kuat tekan 21 hari

Gambar 21, menunjukkan penggunaan variasi pengganti sebagian semen dengan GGBFS dan bahan tambah *retarder* berpengaruh kuat terhadap kuat tekan 21 hari. Didapat nilai *R square* sebesar 0,957 yang berarti penggunaan variasi pengganti sebagian semen dengan GGBFS 10% dan *retarder* berpengaruh sebesar 95,7% terhadap kuat tekan 21 hari.

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	88,199	2	44,099	11,185	,207
Residual	3,943	1	3,943		
Total	92,141	3			

The independent variable is VariasiRetarder.

Gambar 22. ANOVA kuat tekan 21 hari

Gambar 22 nilai signifikansi sebesar 0,207. Nilai signifikansi yang diperoleh $0,207 > 0,05$; menunjukkan penggunaan variasi pengganti sebagian semen dengan GGBFS dan *retarder* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan beton umur 21 hari.

Coefficients					
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
VariasiRetarder	39,810	29,820	2,800	1,335	,409
VariasiRetarder ** 2	-61,500	47,628	-2,709	-1,291	,420
(Constant)	18,462	3,714		4,971	,125

Gambar 23. Coefficients kuat tekan 28 hari

Berdasarkan **Gambar 23** didapatkan *output* SPSS untuk kuat tekan 28 hari. Nilai *constant* yang merupakan nilai kuat tekan sebesar 18,462. Nilai *b* yang merupakan variasi *retarder* pangkat satu diperoleh sebesar 39,810 serta untuk variasi *retarder* pangkat dua diperoleh sebesar -61,500. Hal ini menunjukkan bahwa koefisien regresi berpengaruh fluktuatif, yaitu naik dan turunnya bergantung pada besarnya variasi *retarder* yang ditambahkan.

Model Summary				
R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	
,801	,641	-,078	3,810	

The independent variable is VariasiRetarder.

Gambar 24. Model summary kuat tekan 28 hari

Gambar 24, menunjukkan penggunaan variasi pengganti sebagian semen dengan GGBFS dan bahan tambah *retarder* berpengaruh kuat terhadap terhadap kuat tekan 28 hari. Didapat nilai *R square* sebesar 0,641 yang berarti penggunaan variasi pengganti sebagian semen dengan GGBFS 10% dan *retarder* berpengaruh sebesar 64,1% terhadap kuat tekan 28 hari.

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	25,900	2	12,950	,892	,599
Residual	14,518	1	14,518		
Total	40,418	3			

The independent variable is VariasiRetarder.

Gambar 25. ANOVA kuat tekan 28 hari

Gambar 25 nilai signifikansi sebesar 0,599. Nilai signifikansi yang diperoleh $0,599 > 0,05$; menunjukkan penggunaan variasi pengganti sebagian semen dengan GGBFS dan *retarder* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan beton umur 28 hari.

Berdasarkan output SPSS didapatkan rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton yang disajikan pada **Tabel 4** sebagai berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi Output SPSS Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian	Sig.	Persamaan	Keterangan
Kuat Tekan 7 Hari	0,262	$Y = 11,018 + 32,543x - 40,063x^2$	tidak berpengaruh
Kuat Tekan 14 Hari	0,356	$Y = 15,581 + 61,930x - 115,750x^2$	tidak berpengaruh
Kuat Tekan 21 Hari	0,207	$Y = 18,046 + 61,055x - 112,125x^2$	tidak berpengaruh
Kuat Tekan 28 Hari	0,599	$Y = 18,462 + 39,810x - 61,500x^2$	tidak berpengaruh

Berdasarkan **Gambar 14**, **Gambar 17**, **Gambar 20** dan **Gambar 23** *Coefficients* pada masing-masing umur beton, maka dapat disimpulkan bahwa koefisien nilai *b* bersifat fluktuatif, sehingga turun naiknya grafik bergantung pada besarnya penambahan *retarder* (nilai *x*).

4. KESIMPULAN

Pada umur 28 hari, penambahan *retarder* sebesar 0,2% - 0,6% mampu meningkatkan kuat tekan sebesar 19,61% - 50,59%. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh kadar optimum penambahan *retarder* dengan substitusi GGBFS 10% pada beton adalah 0,2% yaitu sebesar 26,52 MPa karena memiliki sifat fisik dan mekanik yang paling baik. Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk tidak menggunakan *retarder* lebih dari 0,6% karena lamanya waktu ikat yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan pendanaan sehingga penelitian tugas akhir ini dapat dilaksanakan.

DAFTAR RUJUKAN

- Arini, R.N., Sipil, T., Pancasila, U., Warastuti, N., Sipil, T., Pancasila, U., ... Pancasila, U. (2019). Analisis Kuat Tekan Dengan Aplikasi Ground Granulated Blast Furnace Slag Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran. *Jurnal Konstruksia*, 10(2), 89-94.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bakastri, A. (2019). *Penggunaan GGBFS Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Pada Beton. Tugas Akhir*. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
- Bilim, C., Atis, D. C., Tanyildizi, H., & Karahan, O. (2009). Predicting the compressive strength of ground granulated blast furnace slag concrete using artificial neural network. *Advances in Engineering Software*, 40(5), 334-340.
- Cakir, O. & Akoz, F. (2008). Effect of curing conditions on the mortars with and without GGBFS. *Construction and Building Materials*, 22(3), 308-314.
- Karim, G. A., Susilowati, E., & Pratiwi, W. (2018). Pengaruh Ground Granulated Blast Furnace Slag Terhadap Sifat Fisika Semen Portland. *Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik*, 8(2), 47-52.
- Nurfitriani, W. &. (2019). *Kualitas Beton Normal Dengan Penambahan Retarder. Tugas Akhir*. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
- Putra, F. Z., Prihantono & Murtinugraha, R. E. (2014). Studi Kuat Tekan Beton yang Mengalami Penundaan Penuangan dengan Penambahan Bahan Tambah Retarder. *Jurnal Menara Jurnal Teknik Sipil FT UNJ*, 9(2), 31-40.

- Saranya, P., Nagarajan, P., & Shashikala, A. P. (2018). Eco-friendly GGBS Concrete: A State-of-The-Art Review. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 330(1), 012057.
- Sutandar, E. (2014). Dosis Penggunaan Bahan Tambah Kimia (Chemical Admixture) Pada Campuran Beton Normal. *Vokasi*, X(1), 6-14.
- Syafitri, A. (2018). *Optimasi Slag Cement Pada Kekuatan Lentur Beton Mutu Tinggi Dengan Berbagai Perawatan. Tugas Akhir*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Turuallo, G. (2013). Kinerja Ground Granulated Blast Furnage Slag (GGBFS) Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Untuk Sustainable Development. *Seminar Nasional "Inovasi Teknologi Berwawasan Lingkungan Dalam Pembangunan Infrastruktur Wilayah dan Industri" dalam Rangka Peringatan Pendidikan Keteknikan Di Propinsi Sulawesi Tengah, 22 Oktober 2013* (p. __). Palu: Universitas Tadulako.