

## **Sifat Mekanik Beton Mutu Tinggi Dengan Kombinasi Slag Nikel Dan Slag Baja**

**Yoel Lian Tiranda \*<sup>1</sup> Herman Parung \*<sup>2</sup>, Desi Sandy \*<sup>3</sup>**

\*<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar  
Email [yoelliantiranda@gmail.com](mailto:yoelliantiranda@gmail.com)

\*<sup>2</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar  
Email [parungherman@gmail.com](mailto:parungherman@gmail.com)

\*<sup>3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar  
Email [sandymylife@yahoo.co.id](mailto:sandymylife@yahoo.co.id)

### **ABSTRAK**

Guna meminimalisir terjadinya penumpukan, pemanfaatan limbah *slag* sangat diperlukan sebagai bahan substitusi dalam campuran beton. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui komposisi campuran beton, kekuatan beton serta perbandingan kekuatan beton dengan kombinasi *slag* nikel dan *slag* baja sebagai bahan substitusi agregat halus dan agregat kasar. Persentase penggunaan limbah *slag* nikel sebesar 50% sebagai bahan substitusi agregat halus dan limbah *slag* baja bervariasi dari 0%, 15%, dan 30% sebagai bahan substitusi agregat kasar pada campuran beton mutu tinggi ( $f'_c = 42$  MPa). Dalam penelitian ini *mix design* menggunakan metode SNI 03-2834-200. Benda uji yang dipakai berupa silinder dengan dimensi diameter 15 centimeter dengan tinggi 30 centimeter sejumlah 36 benda uji dan balok dengan ukuran 15x15x60 sebanyak 9 buah. Pengujian yang dibuat dalam variasi umur 7 hari, 21 hari, dan 28 hari. Berdasarkan sifat mekanik beton rata-rata menggunakan limbah *slag* baja sebagai substitusi pada variasi 30% diperoleh hasil terbesar masing-masing 45,27 MPa, 4,91 MPa dan 5,09 MPa untuk nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton.

**Kata Kunci:** *slag nikel, slag baja, beton mutu tinggi, sifat mekanik beton.*

### **ABSTRACT**

This study is intended to determine the composition of the concrete mixture, the strength of the concrete and the ratio of the strength of the concrete with the combination of nickel slag and steel slag as a substitute for fine aggregate and coarse aggregate. The percentage of use of nickel slag waste of 50% as a substitute for fine aggregate and steel slag waste varies from 0%, 15%, and 30% as a substitute for coarse aggregate in high quality concrete mixtures ( $f'_c = 42$  MPa). In this study, the mix design uses the SNI 03-2834-200 method. The specimens used were 36 cylinders with a diameter of 15 centimeters and a height of 30 centimeters and 9 beams with a size of 15x15x60. Tests made in 7 days, 21 days, and 28 days age variations. Based on the mechanical properties of the average concrete using steel slag waste as a substitution at 30% variation, the greatest results were 45.27 MPa, 4.91 MPa and 5.09 MPa respectively for compressive strength, split tensile strength and concrete flexural strength.

**Keywords:** *nickel slag, steel slag, high strength concrete, mechanical properties of concrete*

### **PENDAHULUAN**

Adanya aktivitas industri yang semakin beragam mengakibatkan limbah yang diproduksi terus menumpuk. Bidang industri yang semakin maju perkembangannya saat ini yaitu industri nikel dan baja. Dengan bertambahnya aktivitas industri nikel dan baja sehingga limbah yang dihasilkan oleh industri tersebut semakin meningkat pula. Oleh karena itu *slag* harus dikelola dengan baik sehingga tidak berdampak buruk terhadap lingkungan.

Banyak inovasi penelitian dibidang teknologi material untuk komponen struktur, salah satunya beton. Telah banyak pemanfaatan limbah industri yang dipakai dalam campuran beton, diantaranya yaitu *slag*. Secara visual, bentuk fisik dari *slag* nikel yang halus

menyerupai pasir yang biasa digunakan sebagai agregat dalam campuran beton.

Beton mutu tinggi merupakan beton yang mempunyai kuat tekan diatas beton normal. SNI 03-6468-2000 mengartikan beton mutu tinggi sebagai beton dengan kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 42MPa [1]. Secara umum, semakin tinggi nilai FAS semakin kecil nilai mutu beton [2] dan FAS bisa juga didefinisikan sebagai berat air terhadap berat total semen dan *aditif cementious* yang umumnya di tambahkan pada campuran beton mutu tinggi [3]. Biasanya agregat halus yang memiliki modulus halus butiran (MHB)

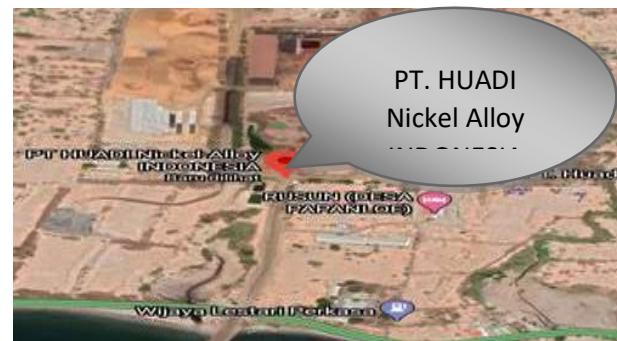
antara 1,50-3,8 pada dasarnya menjadikan beton bermutu tinggi. [4]

Khosama (1997), melakukan penelitian dengan menggunakan *slag* nikel sebagai agregat pada beton mutu tinggi. [5] Dengan beberapa prosentase *slag* nikel yaitu 0%, 50%, dan 70% dari berat agregat halus. Pengujian ini memakai benda uji silinder (15x30 cm) sejumlah 36 silinder dengan mutu beton rencana yaitu  $f_c$  30 MPa. Hasil penelitian tersebut diperoleh sifat mekanik beton meningkat seiring dengan penambahan prosentase limbah padat (*slag* nikel) dalam bentuk campuran beton. [6]

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui komposisi campuran *slag* nikel sebagai substitusi agregat halus dan *slag* baja sebagai bahan substitusi agregat kasar terhadap campuran beton .

## METODE

*Slag* nikel diambil dari pabrik PT. Huadi Nickel-Alloy Indonesia, Papanloe, Kecamatan Pa'jakukang, Kabupaten Bantaeng, Sulawesi Selatan dan pengambilan *slag* baja diperoleh dari pabrik PT. Barawaja, Makassar. Lokasi pengambilan material bias dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi pengambilan material

### 1. Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Tabel 1. Sifat agregat kasar

Sifat Agregat Kasar	Hasil
Kadar lumpur (%)	0,58
Kelembaban (%)	0,91
Berat volume padat, Kg/L	1,60
Berat volume gembur, Kg/L	1,55
Absorpsi %	1,13
Berat jenis (SSD)	2,657

Tabel 2. Analisa saringan agregat kasar

Nomor saringan	Ukuran lubang ayakan		Spesifikasi SNI ASTM C136-2012
	mm	inci	
-	38,10	1,5	100
-	25,00	1	100
-	19,10	3/4	90-100
-	12,50	1/2	55-90
-	9,50	3/8	20-55
No. 4	4,75		0-10
	Pan		0
	Total		

### 2. Slag Baja

Tabel 3. Hasil pengujian *slag* baja

Karakteristik	Hasil
Kadar lumpur, %	0,580
Kadar air %	0,263
Berat vol. padat (Kg/L)	1805
Berat vol. gembur (Kg/L)	1625
Absorpsi %	1,215
Berat jenis (SSD)	2,643

Tabel 4. Analisa saringan agregat halus

Nomor saringan	Ukuran lubang ayakan		Spesifikasi SNI ASTM C136-2012
	mm	Inci	
4	4,75	-	95-100
8	2,38	-	95-100
16	1,19	-	90-100
30	0,59	-	80-100

50	0,27	-	5-50
100	0,14	-	0-15
200	0,074	-	0-5
Pan			0

Tabel 5. Hasil pengujian slag nikel

Karakteristik	Hasil
Kelembaban	0,1 %
Kadar Organik	No.1
Kadar Lumpur	0,9 %
Berat Jenis SSD	2,941
Absorpsi (Penyerapan)	0,908 %
Berat Volume Padat	1758 kg/m <sup>3</sup>
Berat Volume Gembur	1673,33 kg/m <sup>3</sup>
Modulus Kehalusan	2,600

### 3. Pemeriksaan Karakteristik Beton

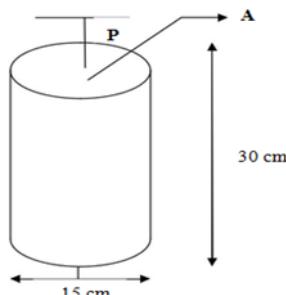
#### a. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan besarnya beban per satuan luas[7].

Nilai kuat tekan beton didapatkan dengan cara standar, dengan memakai mesin uji dan pembebanan tekan sedikit demi sedikit terhadap benda uji beton (diameter 15 cm, tinggi 30 cm) hingga hancur [8]. Pengecekan nilai kuat tekan beton memakai persamaan (1):

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Sistem uji kuat tekan beton dapat ditinjau pada Gambar 2.

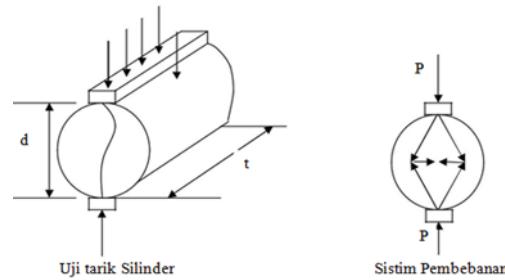


Gambar 2. Uji kuat tekan

#### b. Kuat Tarik Belah Beton

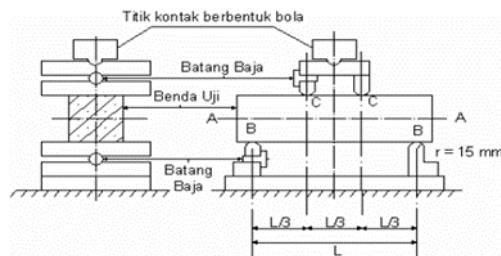
Kuat tarik belah merupakan kuat tarik beton yang dipengaruhi menurut kuat tarik belah berdasarkan benda uji beton yang ditekan dengan posisi memanjang. [9]

$$f_t = \frac{2P}{\pi L d} \quad (2)$$



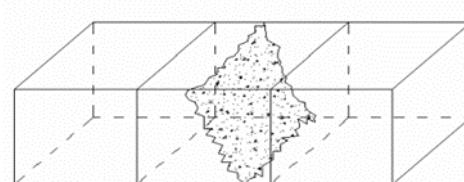
Gambar 3. Uji tarik belah

#### c. Kuat Lentur Beton



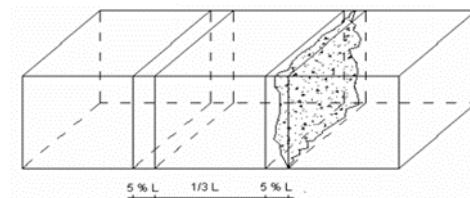
Gambar 4. Benda uji kuat lentur, tata letak dan pembebanan

$$f_r = \frac{P \times L}{b \times h^2} \quad (3)$$



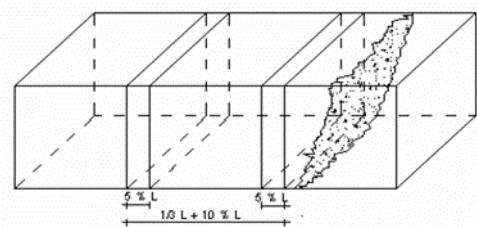
Gambar 5. Cara uji kuat lentur saat keruntunan di tengah bentang

$$f_r = \frac{P \times a}{b \times h^2} \quad (4)$$



Gambar 6. Cara uji kuat lentur dengan keruntunan di luar tengah bentang

#### 4. Pemeriksaan Berat Jenis *Filler*



Gambar 7. Patahan di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah (>5% dari bentang)

Tabel 7. Hasil rekapitulasi uji berat jenis *Filler*

Sifat	Hasil	Batas Interval SNI	Keterangan
Berat Jenis Semen	3,15	3 - 3,2	Memenuhi

#### 5. Mix Design dengan Metode SNI 03-2834-2000

Tabel 8. Komposisi kebutuhan bahan campuran beton untuk 1 m<sup>3</sup>

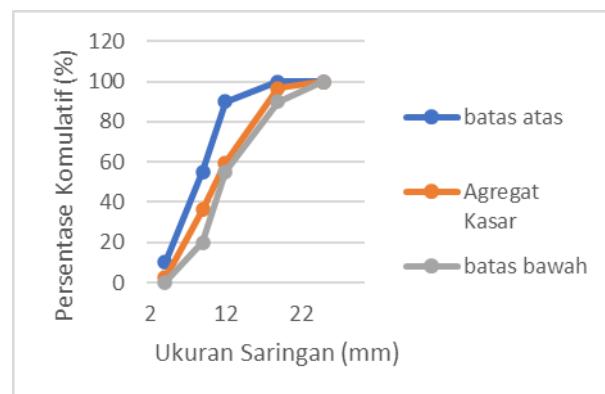
Subtitusi S.Baja	Semen	Air	Agregat Kasar	Berat (kg)			
				s. Baja	Ag.Halus	S. Nikel	Sicament LN
0%	525	210	929,7	0	336,6	360,2	2,1
15%	525	210	790,3	150,6	336,6	360,2	2,1
30%	525	210	650,8	301,2	336,6	360,2	2,1

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Karakteristik Material



Gambar 8. Analisa saringan agregat kasar



Gambar 9. Analisa saringan agregat halus

#### 2. Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Beton

Tabel 9. Kuat tekan (slag baja 0%)

Subtitusi Slag	Umur (Hari)	Beban Maksimum (KN)	Kuat Tekan Beton tiap sampel (Mpa)	Kuat Tekan Beton (Mpa)	Konversi 28 hari (Mpa)
Nikel 50% + Baja 0%	7	500	28,294		
		470	26,597	27,540	42,369
		490	27,728		
	21	740	41,875		
		710	40,178	40,932	43,087
		720	40,744		
28	770	770	43,573		
		790	44,705	43,762	43,762
	760	760	43,007		

Tabel 10. Kuat tekan (slag baja 15%)

Subtitusi	Slag	Umur (Hari)	Beban Maksimum (KN)	Kuat Tekan Beton tiap sampel (Mpa)	Kuat Tekan Beton (Mpa)	Konversi 28 hari (Mpa)
Nikel 50% + Baja 15%	7		480	27,162	28,106	43,239
			490	27,728		
			520	29,426		
	21		750	42,441	41,687	43,881
			740	41,875		
			720	40,744		
	28		780	44,139	44,516	44,516
			800	45,271		
			780	44,139		

Tabel 11. Kuat tekan (slag baja 30%)

Subtitusi	Slag	Umur (Hari)	Beban Maksimum (KN)	Kuat Tekan Beton tiap sampel (Mpa)	Kuat Tekan Beton (Mpa)	Konversi 28 hari (Mpa)
Nikel 50% + Baja 30%	7		530	29,992	29,049	44,690
			510	28,860		
			500	28,294		
	21		770	43,573	42,819	45,072
			750	42,441		
			750	42,441		
	28		790	44,705	45,271	45,271
			800	45,271		
			810	45,837		

### 3. Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton

Tabel 12. Kuat tarik belah beton

Variasi Slag	Kuat Tarik Belah Aktual (KN)		Kuat Tarik Belah Aktual Rata-rata (Mpa)	Kuat Tarik Belah Aktual Rata-rata (Mpa)
Nikel (%)	Baja (%)			
50	0	240	3,397	3,397
		230	3,255	
		250	3,539	
		300	4,246	
50	15	310	4,388	4,199
		280	3,963	
		350	4,954	
50	30	370	5,096	4,907
		330	4,671	

### 4. Hasil Pemeriksaan Kuat Lentur

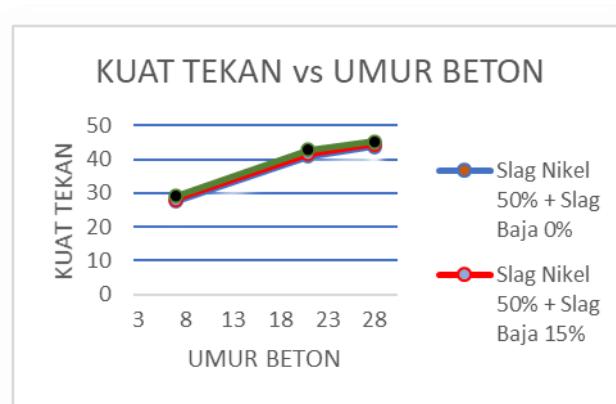
Tabel 13. Kuat lentur beton

Variasi Slag (%)	Beban Maksimum (Ton)	Beban Maksimum (KN)	Kuat Lentur Beton (Mpa)	Kuat Lentur Beton Aktual Rata-rata (Mpa)
------------------	----------------------	---------------------	-------------------------	--

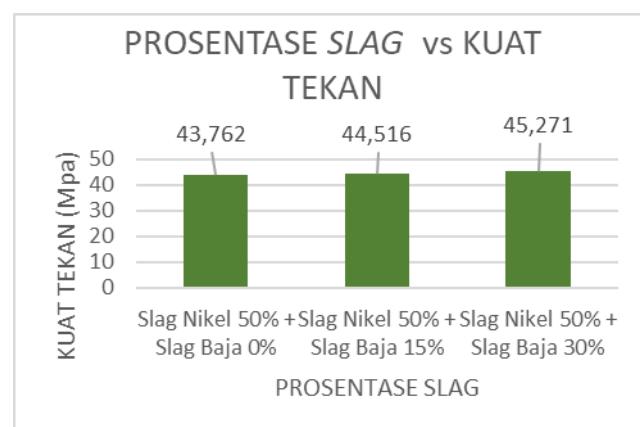
Nikel 50% + Baja 0%	2,2	21,582	3,325	
	2,3	22,563	3,476	3,224
	1,9	18,639	2,872	
	2,4	23,544	3,628	
Nikel 50% + Baja 15%	2,8	27,468	4,232	4,131
	3	29,430	4,534	
	3,4	33,354	5,139	
Nikel 50% + Baja 30%	3,6	35,316	5,441	5,089
	3,1	30,411	4,686	

Tabel 14. Data pengujian kuat tekan beton

Subtitusi Slag (%)	Umur (Hari)	Kuat Tekan Beton (Mpa)
Nikel 50% + Baja 0%	7	27,540
	21	40,932
	28	43,762
Nikel 50% + Baja 15%	7	28,106
	21	41,687
	28	44,516
Nikel 50% + Baja 30%	7	29,049
	21	42,819
	28	45,271



Gambar 10. Hubungan antara umur beton dengan kuat tekan beton



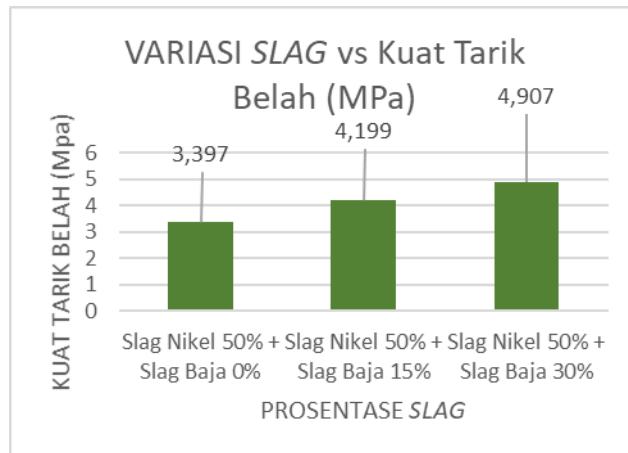
Gambar 11. Hubungan antara prosentase slag dengan kuat tekan

Dari gambar 11. diketahui kuat tekan beton mengalami peningkatan dengan penambahan substitusi slag baja sampai pada variasi 30%.

Variasi Slag (%)	Kuat Tekan Beton (Mpa)
Nikel 50% + Baja 0%	43,762
Nikel 50% + Baja 15%	44,516
Nikel 50% + Baja 30%	45,271

Tabel 15. Data pengujian kuat tekan beton

Prosentase Slag	Hasil (MPa)
Nikel 50% + Baja 0%	3,397
Nikel 50% + Baja 15%	4,199
Nikel 50% + Baja 30%	4,907

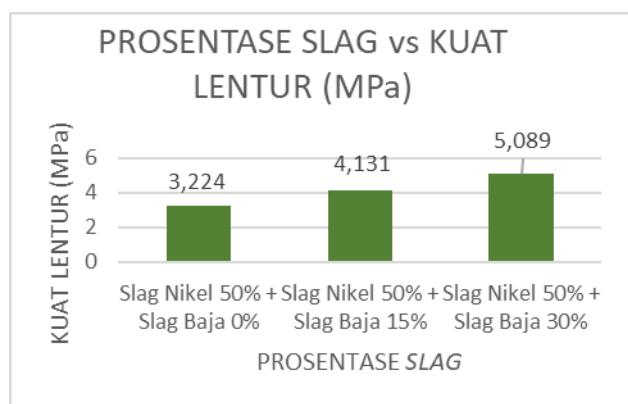


Gambar 12. Hubungan antara prosentase slag dengan kuat tarik belah

Dari hasil pengujian diperoleh nilai kuat tarik belah terendah berada pada variasi substitusi *slag* baja sebesar 0% dan nilai tertinggi berada pada variasi substitusi *slag* baja sebesar 30%.

Tabel 17. Kuat lentur beton

Variasi Slag Baja (%)	Kuat Lentur (MPa)
Nikel 50% + Baja 0%	3,224
Nikel 50% + Baja 15%	4,131
Nikel 50% + Baja 30%	5,089



Gambar 13. Hubungan antara slag dengan kuat lentur

Dari gambar 13 dapat diketahui kaitan prosentase *slag* dengan kuat lentur beton, yaitu dengan semakin tinggi prosentase *slag* maka nilai kuat lentur yang dialami beton semakin besar. Dari hasil penelitian yang dilakukan nilai kuat lentur tertinggi berada pada substitusi *slag* baja sebesar 30% dan nilai terendah berada pada substitusi *slag* baja sebesar 0%.

Tabel 18. Perbandingan antara kuat tekan dan kuat tarik belah beton

Kuat Tekan ( $f'_c$ ) [MPa]	Kuat Lentur ( $f'_t$ ) [MPa]	Perbandingan	
		$\frac{f'_t}{f'_c} \times 100\%$	
43,762	3,397	0,487	
44,516	4,199	0,619	
45,271	4,907	0,756	

Tabel 19. Perbandingan kuat tekan dengan kuat lentur

Kuat Tekan ( $f'_c$ ) [MPa]	Kuat Lentur ( $f'_t$ ) [MPa]	Perbandingan	
		$\sqrt{f'_c}$	$\frac{f'_t}{\sqrt{f'_c}}$
43,762	3,224	6,615	0,487
44,516	4,131	6,672	0,619
45,271	5,089	6,728	0,756

## KESIMPULAN

Dari *mix design* didapatkan perbandingan antara semen, agregat halus, agregat kasar, *slag* nikel, dan *slag* baja yaitu: *Slag Baja 0%* = semen (1) : *Slag Nikel (0,68)*: Agregat Halus (0,64) : Agregat Kasar (1,77) : *Slag Baja (0)*, *Slag Baja 15%* = semen (1) : *Slag Nikel (0,68)* : Agregat Halus (0,64) : Agregat Kasar (1,51) : *Slag Baja (0,29)*, *Slag Baja 30%* = semen (1) : *Slag Nikel (0,68)* : Agregat Halus (0,64) : Agregat Kasar (1,24) : *Slag Baja (0,57)*. Nilai maksimal kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton terjadi pada saat komposisi *slag* nikel 50% dan *slag* baja 30%.

Pengaruh substitusi *slag* baja pada variasi 15% dan 30% mengalami peningkatan sifat mekanik beton.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] SNI 03-6468-2000, *Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi dengan Semen Portland dengan Abu Terbang*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2000.
- [2] T. Mulyono, 2004, *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi

- [3] S. F.X., 1998, *Beton Berkinerja Tinggi, Keunggulan dan Permasalahannya*. Jakarta: Seminar HAKI
- [4] L. F.de, 1990, *A Method for proportioning high strength concrete*, vol. 12. Cement: Concrete and Aggregates
- [5] Sugiri, S., Khosama, L.K., 1997, *Penggunaan Terak Nikel sebagai Agregat pada Beton Mutu Tinggi*. Institut Teknologi Bandung: Tesis Program Magister
- [6] I. Tandi, 2019, "Pengaruh Slag Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas Beton," *Jur. Tek. Sipil Fak. Tek. Univ. Kristen Indones. Paulus Makassar Sulawesi Selatan*
- [7] SNI 1974-2011, *Cara Uji Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2011.
- [8] D. Istiwawan, 2003, *Manajemen Proyek Dan Konstruksi*, Jilid 2. Yogjakarta: Kanisius
- [9] SNI 03-2491-2002, *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional, 2002.
- [10] SNI 03-4431-2011, *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebangan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2011.