

Karakteristik Beton Mutu Tinggi Dengan Komposisi Slag dan Agregat Halus Batu Gamping

Dicaprio Resen Bunga^{*1}, Frans Phengkarsa ^{*2}, Desi Sandy^{*3}

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar
Email xxdicaprio@gmail.com

^{*2} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar
Email fphengkarsa@hotmail.com

^{*3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar
Email sandy_mylife@gmail.com

ABSTRAK

Pada umumnya agregat halus dan agregat kasar sebagai bahan komponen utama penyusun beton banyak berasal dari alam sehingga suatu saat akan habis, maka diperlukan bahan alternatif penggantinya. Salah satu bahan alternatif adalah Slag Nikel. Slag nikel merupakan sejenis batuan hasil pembuangan dari Industri nikel. Pemanfaatan batu gamping juga sebagai alternatif bahan pengganti agregat halus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan beton dan hubungan karakteristik beton yang menggunakan Slag nikel dan batu gamping sebagai bahan pengganti agregat halus terhadap mutu beton. Adapun dengan variasi 0%, 10% dan 20% dan persentase penggunaan batu gamping sebagai bahan substitusi agregat halus sebesar 10%. Metode pencampuran beton menggunakan metode SNI-03-2834-2000 dengan mutu beton direncanakan 42Mpa. Dari hasil ini penelitian diperoleh nilai kuat tekan beton dengan variasi 0%, 10% dan 20% berturut-turut sebesar 42,360 MPa, 42,347 MPa dan 41,781 MPa, pengujian kuat tarik belah dengan variasi 0%, 10% dan 20% berturut-turut sebesar 3,94 MPa, 3.064 MPa dan 2.293 MPa dan pengujian kuat lentur dengan variasi 0%, 10% dan 20% berturut-turut sebesar 4,242 MPa, 4,068 MPa dan 3,179 MPa. Hubungan kuat tarik belah untuk variasi variasi Slag Nikel 0%, 10%, dan 20% berturut-turut sebesar 9,242%, 7,178%, dan 7 % dari kuat tekan, Hubungan kuat tarik belah untuk variasi variasi Slag Nikel 0%, 10%, dan 20% berturut-turut sebesar $0,65\sqrt{f_c}$, $0,62\sqrt{f_c}$, dan $0,57\sqrt{f_c}$ dari kuat tekan. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa campuran beton dengan substitusi slag nikel dan batu gamping mengakibatkan penurunan kekuatan seiring bertambahnya persentase substitusi slag nikel.

Kata kunci :batu gamping,kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur.

ABSTRACT

In general, fine aggregate and coarse aggregate as the main components of concrete come from nature so that one day it will run out, alternative substitutes are needed. One of the alternative materials is Nickel Slag. Nickel slag is a type of rock dumped from the nickel industry. Limestone is also used as an alternative to fine aggregate. This study aims to determine the strength of concrete and the relationship between the characteristics of the concrete using nickel slag and limestone as a substitute for fine aggregate to the quality of the concrete. As for the variations of 0%, 10% and 20% and the percentage of using limestone as a substitute for fine aggregate is 10%. The method of mixing the concrete uses the SNI-03-2834-2000 method with a planned concrete quality of 42Mpa. From this research, it was found that the compressive strength of concrete with variations of 0%, 10% and 20% were respectively 42.360 MPa, 42.347 MPa and 41.781 MPa, the split tensile strength test with variations of 0%, 10% and 20% respectively was equal to 3.94 MPa, 3.064 MPa and 2.293 MPa and the flexural strength testing with variations of 0%, 10% and 20% were respectively 4.242 MPa, 4.068 MPa and 3.179 MPa. The relationship of split tensile strength for the variation of Nickel Slag variations 0%, 10%, and 20% is 9,242%, 7,178%, and 7% of the compressive strength, respectively, the relationship of split tensile strength for the variation of Nickel Slag variations 0%, 10%, and 20% of 0.65, 0.62, and 0.57 of compressive strength, respectively. From the results of the study, it was concluded that the concrete mixture with nickel and limestone slag substitution resulted in a decrease in strength as the percentage of nickel slag substitution increased.

Key words: limestone, compressive strength, split tensile strength, flexural strength

PENDAHULUAN

Perkembangan konstruksi di Indonesia terjadi begitu cepat, salah satunya adalah perkembangan teknologi beton yang merupakan satu hal yang tak

dapat dipisahkan dari dunia konstruksi. Tidak hanya untuk bangunan gedung, kini beton juga dipakai untuk lapisan perkerasan pada konstruksi jalan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan beton sudah mencakup seluruh bidang dalam infrastruktur dalam

upaya menunjang seluruh kegiatan manusia. Bangunan struktur seperti struktur jembatan, terowongan kereta api, bendungan, bangunan gedung bertingkat tinggi, memerlukan beton dengan mutu tinggi atau kuat tekan lebih dari 42 MPa.

Beton sendiri erat kaitannya dengan agregat agregat halus. Adapun agregat halus merupakan material yang berasal dari alam sehingga suatu saat akan habis. Adapun kita memerlukan bahan alternatif penggantinya untuk mengatasi hal tersebut.

Adapun bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai material adalah *Slag* (Limbah Padat). Limbah nikel (*Slag*) merupakan sejenis batuan hasil limbah dari pembuatan nikel.. Selama ini *Slag* memiliki dampak negatif terhadap lingkungan karena belum bisa dimanfaatkan secara optimal. Dan pemanfaatan batu gamping sebagai alternatif bahan pengganti agregat halus.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh kekuatan beton dengan uji kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur dengan substitusi *slag* dan batu gamping pada agregat halus.
2. Mengetahui Hubungan antara kuat tekan dengan kuat tarik belah dan kuat tekan dengan kuat lentur

Berdasarkan SNI 2847:2019, beton (*Concrete*) merupakan campuran antara agregat kasar, agregat halus, semen *portland*, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan. [1]

Slag memiliki kandungan Kalsium Oksida (CaO) dan Silikon dioksida (SiO₂) yang tinggi yaitu 42,30% dan 26,56%. Dalam hal ini CaO bebas dalam campuran beton akan bereaksi dengan air selama proses hidrasi menjadi Ca(OH)₂, reaksi ini akan membuat beton berkembang. [2]

Batu kapur atau yang biasa disebut batu gamping merupakan batuan sedimen non-klastik yang terbentuk dari proses kimia atau proses biologi. Kandungan utama batu gamping adalah mineral kalsium karbonat (CaCO₃) yang terjadi akibat proses kimia dan organik. [3]

1. Pengujian Beton

Karakteristik Beton Mutu Tinggi.....

Adapun pengujian beton yang dilakukan yaitu:

- a. Pengujian kuat tekan beton

Berdasarkan SNI 1974:2011, Kuat tekan beton adalah besar kecilnya beban per satuan luas, beban tertentu yang ditimbulkan oleh alat uji tekanan akan menyebabkan benda (silinder) yang akan diuji robuh [4]

- b. Pengujian kuat lentur beton

Berdasarkan SNI 4431:2011, mengacu pada kemampuan benda uji (batang) untuk menahan gaya vertikal sampel hingga sampel hancur [5]

- c. Pengujian kuat tarik belah.

Kekuatan tarik mempunyai nilai besar dari kuat tarik langsung dan kurang dari kekuatan lentur. Adapun fungsinya dipakai untuk mengevaluasi kekuatan geser beton dan menentukan panjang *rolling* dari *counterweight*, (SNI 2491:2014). [6]

METODE

1. Pengadaan Material

- a. Semen *Portland Composite Cement* (PCC) yang digunakan adalah produksi PT Semen Tonasa yang telah diperoleh dari toko bangunan terdekat yaitu toko UD. Cahaya Dury.
- b. Agregat Kasar dan Agregat halus yang digunakan berasal dari Sungai Jeneberang, Sulawesi Selatan.
- c. Pasir Gamping yang digunakan berasal dari Kecamatan Alla,Kabupaten Pangkep.
- d. Air yang digunakan bersal dari sumur bor di Laboratorium Teknologi dan Bahan Beton Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar.
- e. *Slag* nikel yang digunakan berasal dari pabrik PT. Huadi Nickel yang berada Desa Papan Loe (berdekatan dengan Jalan poros Bantaeng – Bulukumba), Kota Bantaeng, Provinsi Sulawesi Selatan

2. Persiapan Alat Penelitian

- a. Oven
- b. Timbangan
- c. Saringan/Ayakan
- d. Mesin penggetar ayakan (*shieve shaker*)
- e. Kerucut Terpancung (*Cone*)

- f. Mesin Pencampur Bahan (*mixer/molen*)
- g. Cetak Silinder 30 x 15
- f. Cetak Balok 60 x 15 x15
- g. Bak Perendaman
- h. Kerucut Abrams
- i. Mesin Pengujian

- j. Alat-alat Pendukung lainnya

3. Pemeriksaan Karakteristik Material

a. Agregat Halus

Tabel 1. Pedoman karakteristik agregat halus

Karakteristik	Pedoman
Kadar lumpur (%)	SNI 03-4142-1996
Kadar organik (warna)	SNI 2816-2014
Kadar air (%)	SNI 03-1971-2011
Berat volume padat (kg/ltr)	SNI 03-4804-1998
Berat volume gembur (kg/ltr)	SNI 03-4804-1998
Penyerapan (%)	SNI 1970-2008
Berat jenis SSD	SNI SNI 1970-2008
Analisa Saringan	SNI ASTM C136:2012

Tabel 2. Hasil pengujian agregat halus

Karakteristik	Hasil	Interval SNI
Kadar Air(%)	4,493	2,00 - 5,00
Zat Organik	No.2	< No.3
Kadar lumpur (%)	2,300	0,20-6,00
Berat Jenis SSD	2,564	1,60-3,20
Absorsi (%)	1,626	0,20-2,00
Berat Volume Padat (kg/m ³)	1598,333	1400-1900
Berat Volume Gembur (kg/m ³)	1473,333	1400-1900
Modulus Kehalusan	2,452	2,20 – 3,10

b. Agregat Kasar

Tabel 3. Pedoman karakteristik agregat kasar

Karakteristik	Pedoman
Kadar lumpur, %	SNI 03-4142-1996
Kadar air, %	SNI 03-1971-2011
Berat volume padat, (kg/ltr)	SNI 03-4804-1998
Berat volume gembur, (kg/ltr)	SNI 03-4804-1998
Absorpsi/Penyerapan (%)	SNI 1969-2008
Berat jenis (SSD)	SNI 1969-2008
Analisa Saringan	SNI ASTM C136:2012

Tabel 4. Hasil pengujian agregat kasar

Karakteristik	Hasil	Interval SNI
Kadar Air(%)	0,756	0,50 - 2,00
Kadar lumpur(%)	0,960	0,20 - 1,00
Berat Volume Padat (kg/ m ³)	1606,667	1400 -1900
Berat Volume Gembur(kg/ lm ³)	1555,556	1400 -1900
Berat Jenis SSD	2,694	1,60 - 3,20
Absorpsi/penyerapan (%)	1,875	0,20 - 2,00

c. Pasir Gamping

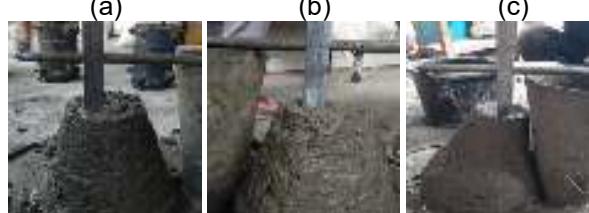
Tabel 5. Hasil pengujian pasir gamping

Karakteristik	Hasil	Interval SNI
Kadar Air (%)	4,20	3,00 - 5,00
Zat Organik	No.1	< No.3
Kadar Lumpur (%)	3,119	0,20 - 6,00
Berat Jenis SSD	1,628	1,60 – 3,20
Absorpsi/Penyerapan (%)	1,481	0,20 - 2,00
Berat Volume Padat (kg/m ³)	1,833	1400-1900
Berat Volume Gembur (kg/m ³)	2,254	1400-1900
Modulus Kehalusan	2,728	2,20–3,10

d. Filler

Tabel 6. Hasil pemeriksaan berat jenis *filler*

Karakteristik	Hasil	Interval SNI
Berat Jenis Semen PCC	3,15	3,0-3,2



Gambar 1. *Slump test*

- (a) GP 10% yaitu 8 cm,
- (b) GP 15% yaitu 8,5 cm
- (c) GP 20% yaitu 9 cm.

3. Pencetakan benda uji harus sedekat mungkin dengan area penyimpanan selama 24 jam. Tempatkan cetakan pada permukaan yang kaku bebas getaran dan gangguan lainnya.
4. Identifikasi benda uji atau pemberian kode identifikasi benda uji.

7. Perawatan Benda Uji

Sampel yang sudah kering kemudian dikeluarkan dari cetakan, diberi kode dan diproses sesuai batas waktu perendaman dalam uji kekuatan beton. Untuk keperluan pemrosesan subjek tes:

- a. Mencegah keretakan pada permukaan beton akibat uap air yang terlalu cepat menguap pada beton baru.
- b. Dengan menstabilkan hidrasi semen, kemungkinan pencapaian kekuatan yang dibutuhkan meningkat.

8. Pengujian Sifat Mekanik Beton

a. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan (SNI 1974:2011) dilakukan setelah proses perawatan dan masa pemeliharaan 7, 21, dan 28 hari.

5. Trial Mix

Pembuatan *trial mix* bertujuan untuk mengetahui komposisi dari hasil perhitungan *Mix Design* yang telah dihitung apakah memenuhi kuat tekan rencana (*f'c*). Dari hasil pengujian kuat tekan beton sampel *trial mix* menggunakan variasi pasir gamping 0%, 10%, 20% umur 3 dan 7 hari diperoleh nilai kuat tekan diatas kuat tekan rencana yaitu 42 MPa. Jadi komposisi material untuk beton yang direncanakan tercapai.

6. Pembuatan Benda Uji

Proses membuat benda uji sesuai dengan aturan SNI Pd T-04-2004-C yaitu ; [7]

1. Pengadukan beton
Pengadukan beton sesuai komposisi dan ukuran *Mix Design*. sehingga terdapat sisa 10% lebih setelah memasukkan benda uji kedalam silinder.
2. Pengujian *slump test* dengan *slump test* rencana yaitu 75-100 mm.

Karakteristik Beton Mutu Tinggi.....



Gambar 2. *Compression testing machine* kapasitas 2000 KN

b. Kuat Tarik Belah

Kuat tarik beton (SNI 2491-2014) Pada umur 28 hari dilakukan pengujian kuat tekan pada benda



yang akan diuji.

Gambar 3. Pengujian kuat tarik belah beton

c. Kuat Lentur Balok

Tabel 8. Hasil pengujian kuat tekan beton pasir gamping 0%

U m u r	Kode Benda Uji	Kuat Tekan Aktual (MPa)	Kuat Tekan Aktual Rata-rata (MPa)	Kuat Tekan 28 Hari (MPa)
7	1 BKT1 7	27,162	29,426	45,271
	2 BKT1 7	32,821		
	3 BKT1 7	28,294		
21	1 BKT1 21	39,046	29,630	42,193
	2 BKT1 21	40,744		
	3 BKT1 21	40,461		
28	1 BKT1 28	42,441	42,630	42,630
	2 BKT1 28	41,310		
	3 BKT1 28	44,139		

Tabel 9. Hasil pengujian kuat tekan beton pasir gamping 10%

U m u r	Kode Benda Uji	Kuat Tekan Aktual (MPa)	Kuat Tekan Aktual Rata-rata (MPa)	Kuat Tekan 28 Hari (MPa)
7	1 BKT2 7	29,992	28,011	43,094
	2 BKT2 7	28,577		
	3 BKT2 7	25,465		
21	1 BKT2 21	36,217	37,537	39,513
	2 BKT2 21	39,612		
	3 BKT2 21	36,782		

Proses mencari kuat lentur pada benda uji 28 hari. Adapun alat yang digunakan yaitu *Hydraulic Concrete Beam Testing Machine* Kapasitas 20 Ton.



Gambar 4. Pengujian kuat lentur beton

9. HASIL DAN PEMBAHASAN

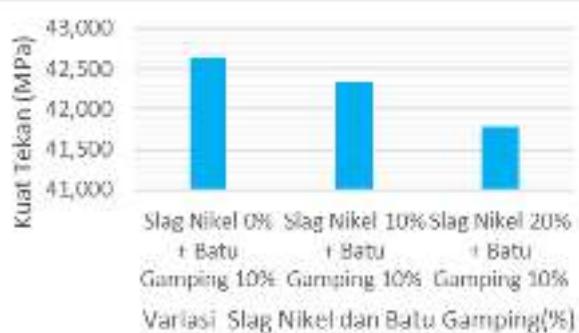
a. Kuat Tekan Beton

Berikut hasil perhitungan dari uji kuat tekan beton, yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

28	1 BKT2 28	42,441		
	2 BKT2 28	42,724	42,347	42,347
	3 BKT2 28	41,875		

Tabel 10. Hasil pengujian kuat tekan beton pasir gamping 20%

U m u r	Kode Benda Uji	Kuat Tekan Beton Aktual (MPa)	Kuat Tekan Beton Aktual Rata-rata (MPa)	Kuat Tekan 28 Hari (MPa)
7	1 BKT3 7	29,709		
	2 BKT3 7	25,465	26,691	41,063
	3 BKT3 7	24,899		
21	1 BKT3 21	38,480		
	2 BKT3 21	35,085	36,782	38,718
	3 BKT3 21	36,782		
28	1 BKT3 28	41,592		
	2 BKT3 28	42,441	41,781	41,781
	3 BKT3 28	41,310		



Gambar 5. Hubungan kuat tekan beton dengan umur beton 28 hari

Pada pengujian 28 hari, nilai kuat tekan beton yang menggunakan batu gamping 10% dan nikel slag 0%, 10% dan 20% sebagai agregat halus berturut-turut adalah 42.630 Mpa, 42.347 Mpa dan 41.781 Mpa. Terlihat bahwa kuat tekan beton semakin berkurang dengan bertambahnya terak nikel.

b. Kuat Tarik Belah

Di bawah ini tabel hasil perhitungan dari pengujian kuat tarik belah beton.

Tabel 11. Hasil pengujian kuat tarik belah beton

Slag Nikel	Kode Benda Uji	Kuat Tarik Belah Aktual (MPa)	Kuat Tarik Belah Aktual Rata-rata (MPa)	Kuat Tarik Belah 28 Hari Rata-rata (MPa)
0%	1BTB1 28	3,253		
	2BTB1 28	3,535	3,394	3,394
	3BTB1 28	3,394		
15%	1BTB2 28	3,253		
	2BTB2 28	3,111	3,064	3,064
	3BTB2 28	2,828		
20%	1BTB3 28	3,253		
	2BTB3 28	3,111	2,923	2,923
	3BTB3 28	2,828		



Gambar 6. Hubungan kuat tarik belah dengan variasi slag

Tabel 12. Hasil pengujian kuat lentur beton

Slag Nikel	Kode Benda Uji	Kuat Lentur Beton (MPa)	Kuat Lentur Beton Aktual Rata-rata (MPa)
0%	1BKL1 28	4,533	4,242
	2 BKL1 28	4,010	
	3 BKL1 28	4,184	
10%	1BKL2 28	4,184	4,068
	2 BKL2 28	4,010	
	3 BKL2 28	4,010	
20%	1BKL3 28	3,487	3,719
	2 BKL3 28	4,010	
	3 BKL3 28	3,661	



Gambar 7. Hubungan variasi substitusi slag nikel dan kuat lentur beton

Berdasarkan grafik pada Gambar 7 menunjukkan nilai kuat lentur beton dengan substitusi batu gamping 10 % dan Slag nikel 0%, 10%, dan 20% sebagai agregat halus berturut-turut sebesar 4,242 MPa, 4,068 MPa, dan 3,179 MPa. Dari hal tersebut dapat dilihat bahwa kuat lentur beton menurun seiring bertambahnya variasi Slag nikel.

Berdasarkan grafik pada gambar 15 menunjukkan nilai kuat tarik belah beton dengan substitusi batu gamping 10 % dan Slag nikel 0%, 10%, dan 20% berturut-turut sebesar 3,94 MPa, 3,064 MPa, dan 2,923 MPa. Dari hal tersebut dapat dilihat bahwa nilai kekuatan tarik belah beton menurun seiring bertambahnya variasi Slag nikel.

c. Kuat Lentur Beton

Tabel di bawah ini adalah hasil perhitungan dari pengujian kuat lentur beton.

Hubungan antara Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton

Hubungan antara kuat tekan dan kuat Tarik dilakukan untuk mengetahui nilai persentase kuat tarik belah terhadap kuat tarik beton pada umur 28 hari untuk Slag Nikel 0%, 10%, 20% berturut-turut sebesar 42,630 MPa, 42,347 MPa, 41,781 MPa.. Kuat Tarik untuk GP 10%, 15%, 20% berturut-turut sebesar 3,94 MPa, 3,04 MPa, 2,923 MPa.

Hubungan antara Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton

Tabel 13. Perbandingan kuat tekan dengan kuat lentur

Kuat Tekan (f'_c) [MPa]	Kuat lentur (f'_l) [MPa]	Perbandingan	
		$\sqrt{f'_c}$	$\frac{f'_l}{\sqrt{f'_c}}$
42,630	4,242	6,529	0,65
42,347	4,068	6,507	0,62
41,781	3,719	6,463	0,57

Sehingga diperoleh dari tabel diatas pada *slag* 0% nilai kuat lentur $0,65\sqrt{f'_c}$ dari nilai kuat tekan, pada pada *Slag* 10% nilai kuat lentur $0,62\sqrt{f'_c}$ dari nilai kuat tekan, dan pada *slag* 20% nilai kuat lentur $0,57\sqrt{f'_c}$ dari nilai kuat tekan. Nilai pada tabel tersebut telah memenuhi nilai korelasi kuat tarik dengan kuat tekan, dimana menurut Agus Setiawan (2016) pada umumnya kuat tarik belah berkisar antara 7% hingga 11% dari kuat tekannya. [8].

KESIMPULAN

Pengujian kuat tekan beton dengan variasi *Slag* nikel 0%, 10% dan 20% yaitu berturut-turut sebesar 42,630 Mpa, 42,347 Mpa, dan 41,781 Mpa. Pengujian kuat tarik belah beton dengan variasi *Slag* nikel 0%, 10% dan 20% yaitu berturut-turut sebesar 3,94 MPa, 3,064 MPa, dan 2,923 Mpa. .

Pengujian kuat lentur beton dengan variasi *Slag* nikel 0%, 10% dan 20% yaitu berturut-turut sebesar 4,242 MPa, 4,068 MPa, dan 3,179 MPa.

Hubungan kuat tekan putus masing-masing sebesar 9,242%, 7,178% dan 7% kuat tekan. Hubungan antara kuat lentur perubahan terak nikel sebesar 0%, 10% dan 20% berturut-turut adalah $0.65\sqrt{f'_c}$, $0.62\sqrt{f'_c}$ dan $0.57\sqrt{f'_c}$.) Kekuatan tekan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SNI 2847:2019, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2019
- [2] Adiwijaya, A., Datu, I. T., & Khairil, K. 2018, "Penerapan Slag Baja Sebagai Pengganti Agregat pada Karakteristik Self Compacting Concrete". *Jurnal Teknik Sipil Politeknik Ujung Pandang*.
- [3] Dunham, R. J., 1962, "Classification of carbonate Rock According To Depositional Textures" AAPG Memoir No.1
- [4] SNI 03-4431-2011, *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2011.
- [5] SNI 1974-2011, *Cara Uji Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2011.
- [6] SNI 4431:2011, Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2011.
- [7] SNI 2491-2014, *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2014.
- [8] SNI Pd T-04-2004-C, *Tata Cara Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2004.
- [9] Setiawan, Agus. 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Jakarta: Erlangga, 2016.