

PEMANFAATAN LIMBAH BATU MARMER SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN BETON

APPLICATION OF MARBLE STONE WASTE AS PARTIAL SUBSTITUTION OF COARSE
AGGREGATE IN CONCRETE MIXTURE ON CONCRETE COMPRESSION STRENGTH

Alfan Safari¹, Agustinus Agus Setiawan^{*1,2}

*Email: agustinus@upj.ac.id

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Jaya, Indonesia

²Center for Urban Studies, Universitas Pembangunan Jaya, Indonesia

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah pecahan marmer sebagai bahan substitusi parsial batu pecah alami dalam pembuatan beton. Pecahan marmer diperoleh dari daerah Padalarang, Kabupaten Bandung Barat. Sebagai benda uji dalam penelitian ini, digunakan benda uji berbentuk silinder beton berukuran 10 cm × 20 cm. Persentase limbah marmer yang digunakan sebesar 10%, 25%, 50% dan 75% dari total berat agregat kasar yang dibutuhkan. Penggunaan limbah marmer sebagai bahan pengisi dalam adukan beton tidak menurunkan nilai slump dari beton normal. Nilai slump beton dengan agregat kasar dari limbah marmer adalah sebesar 75 – 100 mm, yang masih memenuhi kriteria slump untuk pekerjaan struktur di lapangan. Sementara itu penggantian agregat kasar dengan limbah batu marmer hingga 25% mampu menghasilkan beton dengan nilai kuat tekan beton 30,1 MPa, lebih tinggi 18,97 % dari pada campuran beton normal. Penambahan limbah marmer di atas 50% mengalami penurunan nilai kuat tekan beton. Penggunaan limbah marmer hingga 75% meningkatkan berat jenis beton hingga 2,8% daripada berat jenis beton normal.

Kata kunci — agregat, beton, limbah marmer, kuat tekan

Abstract—This study aims to determine the compressive strength of concrete that uses a mixture of marble waste as a partial substitution for coarse aggregate in concrete. The marble waste were obtained from Padalarang, West Bandung Regency. As the test object in this study, a concrete cylinder-shaped specimen was used measuring 10 cm × 20 cm. The percentage of marble waste is 10%, 25%, 50% and 75% of the total weight of the coarse aggregate needed. The use of marble waste as a filler in the concrete mix does not reduce the slump value of normal concrete. The slump value of concrete with coarse aggregate from marble waste is 75 – 100 mm, which still meets the slump criteria for structural work in the field. Meanwhile, replacing coarse aggregate with marble waste up to 25% was able to produce concrete with a concrete compressive strength value of 30.1 MPa, 18.97% higher than normal concrete mixes. The addition of marble waste above 50% decreased the compressive strength of concrete. The addition of marble waste above 75% increases the specific gravity of concrete by up to 2.8% compared to the specific gravity of normal concrete.

Keywords — aggregate, concrete, marble waste, compressive strength

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia konstruksi dalam hal penyediaan dan penggunaan beton menjadi suatu kebutuhan yang sangat mendasar dalam pembuatan suatu sarana prasarana. Beton merupakan suatu bahan yang didapat dengan mencampurkan Portland semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah), dan air. Pada dasarnya beton yang dibuat

untuk struktur bangunan haruslah mempunyai mutu yang baik. Hal ini dapat ditunjukkan dengan pengerjaan yang mudah untuk pengadukan, pengangkutan, pengecoran, perataan, pemadatan dan penyelesaian akhir (*finishing*) serta berkekuatan yang cukup sesuai dengan perencanaan dan dapat berfungsi dalam jangka waktu yang lama [1].

Dalam proses produksi beton yang struktural, desain campuran (*mix design*) memegang peranan yang sangat penting di dalam menentukan proporsi bahan-bahan material yang digunakan sebagai bahan pembentuk campuran beton yang berkaitan dengan kemudahan pengerjaan (*workability*) sesuai dengan yang direncanakan, dan peninjauan segi ekonomisnya. Agregat (halus dan kasar) yang berperan sebagai bahan pengisi pada mortar beton sebesar $\pm 70\%$ sangat mempengaruhi sifat-sifat beton khususnya peninjauan terhadap kuat tekannya [2].

Upaya pemenuhan kebutuhan masyarakat akan bangunan tentunya tidak dapat dipisahkan dari meningkatnya permintaan terhadap bahan-bahan bangunan, salah satunya marmer. Marmer banyak diminati untuk keperluan interior ataupun eksterior pada bangunan. Pada proses pengolahan batu marmer menjadi bahan interior ataupun eksterior bangunan dilakukan dengan pemotongan dan penghalusan, sehingga pada proses tersebut menghasilkan limbah yang berbeda ukuran. Oleh karena itu penulis memanfaatkan limbah pecahan batu marmer sebagai substitusi parsial agregat kasar pada campuran beton.

Upaya pemanfaatan limbah batu marmer sebagai substitusi agregat kasar pada beton telah dilakukan oleh Safrin Zuraidah dan Jatmiko [3]. Penelitian yang bertujuan untuk mencari alternatif pengganti agregat kasar (batu pecah) dalam beton tersebut menggunakan limbah batu marmer dan meninjau pengaruhnya terhadap kuat tekan beton. Campuran yang digunakan berupa campuran agregat kasar pecahan batu kapur 0%, 50%, 75% dan 100%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan pecahan batu marmer dalam pembuatan beton menghasilkan kuat tekan rata-rata menurun sampai $\pm 40,70\%$. dibandingkan dengan beton yang menggunakan batu kali sebagai agregat kasar. Istiqomah dan Shanti Kurnia [4], melakukan penelitian terhadap serbuk marmer sebagai *filler* pada campuran beton.

Berkembangnya proyek infrastruktur perkotaan yang semakin cepat, turut membawa dampak berupa meningkatnya kebutuhan akan bahan bangunan ikut. Sementara itu dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi, tidak jarang menimbulkan limbah yang harus dibuang. Limbah yang dihasilkan tersebut apabila tidak dikelola tentunya akan menjadi masalah yang berkaitan dengan aspek lingkungan. Upaya pemanfaatan limbah sebagai pengganti agregat kasar telah dilaporkan sebelumnya, seperti penggunaan *slag* besi [5], limbah keramik dan

porcelain [6], limbah bata ringan [7], limbah beton daur ulang [8], hingga potongan ban bekas [9]. Salah satunya adalah limbah marmer yang dihasilkan pada produksi pengolahan marmer. Penelitian ini juga berupaya memanfaatkan bahan limbah sebagai pengganti agregat kasar dalam beton, yaitu limbah potongan batu marmer. Limbah marmer akan digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) pada beton dengan upaya menciptakan beton yang lebih padat. Limbah marmer yang akan digunakan adalah limbah yang berupa serbuk yang berasal dari daerah Padalarang, Kabupaten Bandung Barat. Besarnya penambahan limbah marmer berturut turut adalah sebesar 10%, 25%, 50% dan 75% dari berat agregat kasar total. Metode perancangan campuran yang digunakan adalah ACI (*American Concrete Institute*) dengan kuat tekan rencana sebesar 25 MPa.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Beton adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya dengan agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Kekuatan tarik beton lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan tekannya, sehingga untuk pelaksanaan struktural perlu dipasang tulangan baja untuk menahan gaya tarik, dengan demikian hal tersebut disebut beton bertulang [10].

Agregat Halus

Agregat halus harus terdiri dari bahan-bahan yang berbidang kasar, bersudut tajam dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki. Agregat halus bisa terdiri dari pasir bersih, bahan-bahan halus hasil pemecahan batu berdasarkan SNI 2847-2019 [11].

Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil batu pecah, pecahan kerikil, granit, atau beton semen hidraulic yang dipecah yang dipakai untuk membuat campuran beton berdasarkan SNI 2847-2019 [11].

Semen

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain berdasarkan SNI 7656-2012 [12].

Air

Air merupakan bahan penting dalam campuran beton yang mempunyai dua buah fungsi. Fungsi pertama yaitu untuk memungkinkan reaksi

kimia dalam proses pengikatan dan dalam proses pengerasan. Setelah pengecoran, air juga berfungsi untuk proses perawatan (*curing*) [13].

Marmer

Merupakan batuan metamorfosa dari batuan gamping atau dolomit (CaCO₃). Pengaruh suhu dan tekanan yang dihasilkan oleh gaya endogen menyebabkan terjadinya rekristalisasi pada batuan tersebut membentuk berbagai macam foliasi maupun non foliasi. Marmer diperoleh dari alam melalui kegiatan penambangan. Gambar-1 menunjukkan pecahan batu marmer yang digunakan dalam penelitian ini. Batu marmer dipecah hingga memenuhi spesifikasi ukuran agregat kasar dalam campuran beton. Sementara itu Tabel-1 memperlihatkan kandungan kimiawi yang dimiliki oleh batuan marmer.



Gambar-1. Pecahan marmer

Tabel-1. Kandungan Marmer

Unsur Kimia	Kandungan (%)
SiO ₂	0,13
AlO ₃	0,31
FeO ₃	0,04
CaO	55,07
MgO	0,36
K ₂ O	0,01
SO ₃	0,08
Lain-lain	44

III. METODE

Proses penelitian dilakukan di laboratorium PT. Jaya Beton Indonesia yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Nilai kuat tekan benda uji beton yang direncanakan sebesar $f'_c = 25$ MPa dengan persentase limbah batu marmer sebagai substitusi parsial agregat kasar yang dilakukan sebesar 0%, 10%, 25%, 50% dan 75%.

Kode variasi limbah batu marmer sebagai substitusi parsial agregat kasar terhadap volume total agregat adalah LM1, LM2, LM3, LM4 dan LM5 (Tabel-2). Sedangkan ukuran benda uji yang digunakan di dalam penelitian ini adalah benda uji

berbentuk silinder beton dengan ukuran diameter 10 cm × 20 cm tinggi. Seluruh pengujian sifat fisik material dilakukan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) meliputi pengujian agregat halus dan agregat kasar, yang dapat dilihat dalam Tabel-3.

Tabel-2. Kandungan Limbah Marmer Pada Benda Uji

Kode Beton	Batu marmer (%)	Jumlah Benda Uji			Total Benda Uji
		7 Hari	14 Hari	28 Hari	
LM1	0%	3	3	3	9
LM2	10%	3	3	3	9
LM3	25%	3	3	3	9
LM4	50%	3	3	3	9
LM5	75%	3	3	3	9

Tabel-3. Standar Pengujian Agregat

Jenis Agregat	Pengujian	Acuan
Agregat Halus	Analisis Saringan	SNI 03-1968-1990 [15]
	Berat Jenis	SNI 03-1970-2008 [16].
	Daya Serap	SNI 03-1970-2008 [16].
	Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996 [17]
	Berat Isi	SNI 03-4804-1998 [18]
Agregat Kasar	Analisis Saringan	SNI 03-1968-1990 [15]
	Berat Jenis	SNI 03-1969-2008 [19]
	Daya Serap	SNI 03-1969-2008 [19]
	Berat Isi	SNI 03-4804-1998 [18]
	Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996 [17]
Limbah pecahan batu marmer	Keausan	SNI 2417-2008 [20]
	Analisis Saringan	SNI 03-1968-1990 [15]
	Berat Jenis	SNI 03-1969-2008 [19]
	Daya Serap	SNI 03-1969-2008 [19]
	Berat Isi	SNI 03-4804-1998 [18]
Keausan Agregat		SNI 2417-2008 [20]

Pembuatan benda uji pada penelitian ini mengacu pada SNI 7656-2012 [21] tentang tata cara pemilihan campuran untuk beton normal. Sementara itu pengujian kuat tekan beton mengacu pada SNI 1974-2011 [22], dan pengujian nilai *slump* mengacu pada SNI 1972-2008 [23].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Agregat

Data yang dihasilkan dari pengujian agregat kasar, agregat halus dan limbah pecahan batu marmer dapat dilihat pada Tabel-4. Berdasarkan hasil pengujian terhadap spesifikasi material, maka dapat disimpulkan bahwa agregat halus, agregat kasar dan pecahan marmer memenuhi syarat-syarat dan ketentuan pengujian.

Tabel-4. Hasil Pegujian Agregat

Jenis Agregat	Pengujian	Syarat	Hasil
Agregat Halus	Analisis Saringan	1,5 - 3,8	3,16
	Berat Jenis	≥ 2,5	2,52
	Daya Serap	≤ 3,0%	1,50
	Berat Isi	≥ 1,4	2,05
	Kadar Lumpur	≤ 7,0	2,79
Agregat Kasar	Analisis Saringan	6,0 - 7,1	7,07
	Berat Jenis	≥ 2,5	2,55
	Daya Serap	≤ 3,0%	2,89
	Berat Isi	≥ 1,4	1,51
	Kadar Lumpur	≤ 1,0%	0,73
Limbah pecahan batu marmer	Keausan	≤ 40%	19,23
	Analisis Saringan	6,0 - 7,1	8,93
	Berat Jenis	≥ 2,5	2,72
	Daya Serap	≤ 3,0	1,6
	Berat Isi	≥ 1,4	0,13
	Keausan Agregat	≤ 40	32,21

B. Hasil Mix Design

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian material yang dilakukan, maka untuk perancangan campuran beton dengan menggunakan acuan SNI-7656-2012 tentang cara pembuatan rencana campuran beton normal dan pedoman. Nilai *slump* yang direncanakan pada penelitian ini sebesar 75-100 ± 20 mm, lalu langkah selanjutnya yaitu menghitung kebutuhan limbah pecahan batu marmer yang digunakan sebagai substitusi parsial agregat kasar. Hasil dari perhitungan perencanaan pembuatan benda uji dapat dilihat pada Tabel-4.

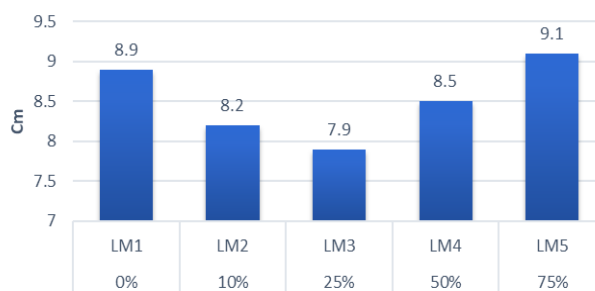
Tabel-5. Rekapitulasi Mix Design

Kode	Limbah marmer (kg/m ³)	Agregat Kasar (kg/m ³)	Agregat Halus (kg/m ³)	Semen (kg/m ³)	Air (kg/m ³)
LM 1	0	987,32	800,316	336,54	175
LM 2	97,8	880,3	800,316	336,54	175
LM 3	244,5	733,6	800,316	336,54	175
LM 4	489,1	489,1	800,316	336,54	175
LM 5	733,6	244,5	800,316	336,54	175

C. Hasil Uji Slump

Pengujian *slump* pada dasarnya merupakan pengetesan sederhana untuk mengetahui workabilitas beton segar sebelum diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran. Hasil pengujian *slump*, dapat dilihat pada Gambar-2. Dari Gambar-2 dapat terlihat bahwa pencampuran kadar limbah batu marmer tidak membuat workabilitas menjadi turun, hal ini dikarenakan nilai *slump* yang dicapai pada saat uji *slump* tidak kurang dari nilai yang

direncanakan yaitu sebesar 75 mm-100 mm, sesuai dengan SNI 1972:2008.

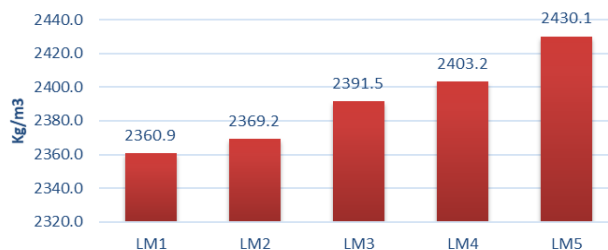


Gambar-2. Hasil Uji Slump

Hal ini dapat dijelaskan karena pecahan batuan marmer memiliki daya serap air (1,6%), yang lebih rendah dari agregat batu pecah alami (2,89%), sehingga memang tidak memberikan dampak berupa penurunan nilai *slump*. Nilai *slump* beton dengan batuan marmer ini masih masuk dalam kriteria pekerjaan penggunaan beton struktur sesuai SNI 2847:2019.

D. Berat Jenis Beton

Sebelum melakukan uji tekan beton, benda uji ditimbang terlebih dahulu. Hal ini dilakukan untuk mengetahui berat benda uji dan juga berat isi beton. Dari data yang diperoleh, rata-rata beton usia 28 hari dengan kadar limbah marmer sebesar 75% memiliki rata-rata beton paling berat yaitu 2.807 kg dibandingkan beton dengan kadar limbah marmer sebesar 10%, 25%, dan 50%. Sedangkan nilai rata-rata beton paling rendah terdapat pada beton dengan kandungan limbah marmer sebesar 0% pada usia 28 hari. Hasil berat jenis beton yang sudah dihitung dapat dilihat pada Gambar-3.



Gambar-3. Grafik Berat Jenis Beton

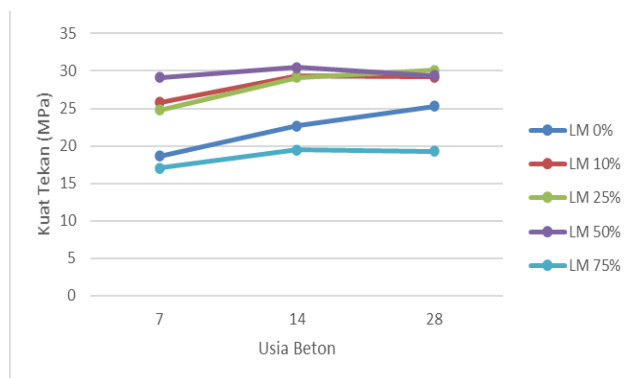
Dari Gambar-3 hasil nilai berat jenis beton memiliki berat jenis di atas 2.200 kg/m³. Nilai berat jenis beton pada penelitian ini sesuai dengan SNI-2834-200 yaitu sebesar 2.200-2.500 kg/m³. Beton yang memiliki kadar limbah marmer sebesar 75% mengalami kenaikan nilai berat jenis beton sebesar

2,80% jika dibandingkan dengan beton normal tanpa limbah marmer. Hal ini dapat dipahami karena berat jenis pecahan batu marmer (2,72) lebih tinggi daripada berat jenis batu pecah alam (2,55).

D. Kuat Tekan Beton

Pada beton yang berumur 28 hari, penambahan pecahan batu marmer pada campuran beton mengalami penurunan dalam kandungan marmer 75% terhadap kuat tekan beton normal 0%. dapat dilihat pada Gambar-4 bahwa kuat tekan untuk kadar limbah marmer 0% sampai dengan kadar limbah marmer 50% mencapai kuat tekan beton yang direncanakan. Namun, terjadi penurunan pada kadar limbah marmer 75% yang tidak mencapai nilai kuat tekan beton yang direncanakan. Jadi, dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah marmer dengan persentase 10%, 25%, dan 50% dapat dipakai sebagai beton struktural dengan rencana kuat tekan beton sebesar 25 MPa.

Gambar-4 menunjukkan perbandingan kuat tekan beton 7, 14 dan 28 hari. Nilai kuat tekan beton tertinggi dihasilkan benda uji beton LM3 dengan kandungan limbah marmer sebesar 25% dengan nilai kuat tekan beton sebesar 30,1 MPa, naik sebesar 18,97% dibandingkan dengan beton normal yang memiliki kadar limbah marmer sebesar 0%. Sedangkan, nilai kuat tekan beton terendah terletak pada benda uji beton LM5 pada kandungan limbah marmer sebesar 75% dengan kuat tekan beton sebesar 19,3 MPa yang mengalami penurunan sebesar 31,0% terhadap benda uji beton LM1 dengan kandungan limbah marmer sebesar 0%. Semakin banyak jumlah limbah marmer yang digunakan memiliki kecenderungan menurunkan kuat tekan beton. Hal ini dapat dijelaskan karena nilai keausan limbah marmer (32,21%) yang memang lebih tinggi dari batuan pecah alami (19,23%)



Gambar-4. Pertumbuhan Kuat Tekan Beton

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Penggantian agregat kasar alami dengan menggunakan limbah marmer sebanyak 25%, menaikkan kuat tekan beton sebesar 18,79% dari kuat tekan beton normal, penambahan di atas 25% cenderung mereduksi kuat tekan beton, karena nilai keausan marmer yang lebih tinggi dari batu pecah alami.
- Limbah marmer yang memiliki berat jenis lebih tinggi dibandingkan batu pecah alami, memiliki kecenderungan menghasilkan beton dengan berat jenis tinggi. Pada penggantian hingga 75% limbah marmer, ditemukan bahwa berat jenis beton naik sebesar 2,8%.
- Nilai *slump* beton dengan agregat kasar dari limbah marmer tidak menunjukkan perbedaan signifikan terhadap beton normal, dan nilai *slump* yang dihasilkan masih dalam kriteria yang dapat diterima dalam pekerjaan struktur di lapangan.

B. Saran

Penelitian lebih lanjut terkait pemanfaatan limbah batu marmer sebaiknya dilakukan dengan cara:

- Perlu dilakukan penelitian selanjutnya dengan memanfaatkan limbah pecahan batu marmer sebagai substitusi parsial agregat kasar lalu dikombinasikan dengan bahan kimia lainnya.
- Perlu pengembangan dari sisi perancangan campuran beton untuk mendapatkan nilai kuat tekan di atas 25 MPa
- Perlunya dilakukan pengujian terhadap kuat tarik lentur untuk mengevaluasi kelenturan beton terhadap gaya horizontal.

DAFTAR PUSTAKA

- Setiadi, K, R. Penelitian Beton Berpori (*Porous Concrete*) Dengan Pemanfaatan Limbah Finishing Industri Manufaktur Sebagai Bahan Campuran Agregat Halus. 2007.
- Maulana, A. Perbandingan Kuat Tekan Beton Berdasarkan Kombinasi Gradasi Agregat Kasar Berupa Batu Pecah (Split) Pada Campuran Beton. 2000.
- Zuraidan, S., & Jatmiko, R. A. Pengaruh Penggunaan Limbah Pecahan Batu Marmer Sebagai

- Alternatif Pengganti Agregat Kasar Pada Kekuatan Beton. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*, 3(3), 2007
- [4] Istiqomah, Kurnia, S. Pengaruh Limbah Marmer Sebagai Pengisi Bahan Pengisi Pada Beton. *Konferensi Nasional Teknik Sipil*, S185-190, 2013.
- [5] Chen, Z., Gong, Z., Jiao, Y., Wang, Y., Shi, K., Wu, J., “Moisture Stability Improvement Of Asphalt Mixture Considering The Surface Characteristics Of Steel Slag Coarse Aggregate,” *Construction And Building Materials*, Vol. 251, 118987, 2020. <https://Doi.Org/10.1016/J.Conbuilumat.2020.118987>
- [6] Keshavarz, Z., Mostofinejad, D., “Porcelain And Red Ceramic Wastes Used As Replacements For Coarse Aggregate In Concrete,” *Construction And Building Materials*, Vol. 195 : 218-230, 2019, <https://Doi.Org/10.1016/J.Conbuilumat.2018.11.033>
- [7] Pujianto, A., Faizah, R., Widiyanto, A., Putri, T.A., Prayuda, H., Firdausa, F., “Pemanfaatan Limbah Bata Ringan Sebagai Bahan Penyusun Pengganti Pada Beton,” *Jurnal Bangunan*, Vol. 26, No. 2 :1-8, 2023.
- [8] Risamawarni, Bachtiar, E. Rachim, F., “Pengaruh Substitusi Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Curing Air Laut,” *Indonesian Journal Of Fundamental Sciences*, Vol. 6, No. 2 : 127-137, 2020.
- [9] Setiabudi, A., Riov, J., Winansa, F.A., Yohannes, R., Setiawan, A.A.,” Kajian Penggunaan Potongan Ban Bekas Terhadap Kuat Tekan Beton,” *Jurnal Widyakala*, Vol. 6, Special Issue : 1-5, Juli 2019.
- [10] SNI 2847-2019. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Badan Standar Nasional Indonesia; 2019.
- [11] SNI 2847-2019. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Badan Standar Nasional Indonesia; 2019.
- [12] SNI-7656-2012. Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Masa. Badan Standar Nasional Indonesia; 2012.
- [13] Fassa, F. Pengantar Material Konstruksi, Universitas Pembangunan Jaya; 2017.
- [14] SNI 03-1968-1990. Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. *Badan Standar Nasional Indonesia*; 1990.
- [15] SNI 03-1970-2008. Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standar Nasional Indonesia*; 2008
- [16] SNI 03-4142-1996. Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm). *Badan Standar Nasional Indonesia*; 1996.
- [17] SNI 03-4804-1998. Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat. *Badan Standar Nasional Indonesia*; 1998.
- [18] SNI 03-1969-2008. Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar *Badan Standar Nasional Indonesia*; 2008.
- [19] SNI 2417-2008. Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi *Los Angeles*. *Badan Standardisasi Nasional*; 2008.
- [20] SNI 7656-2012. *Badan Standardisasi Nasional*, 251. Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal. *Badan Standardisasi Nasional*; 2012.
- [21] SNI 1974:2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. *Badan Standar Nasional Indonesia*; 2011.
- [22] SNI 1972-2008. Cara Uji Slump Beton. *Badan Standar Nasional Indonesia*; 2008.