

Properti Kuat Tekan Segmen Kolom Parktis Modular (SKPM) Beton Limbah Kaca Sebagai Pengganti Agregat Halus dan Aksial Tekan Kolom Praktis SKPM

Chundakus Habsya¹, Rima Sri Agustin¹, Nafilah Hanun Khoiriyah¹, Fedra Ari Wibowo¹
¹FKIP Universitas Sebelas Maret

Corresponding author: habsya@staff.uns.ac.id

Abstrak. Segmen kolom praktis modular (SKPM) adalah segmen kolom praktis pracetak yang dapat untuk berbagai tinggi kolom sesuai kelipatan dimensi modul 15 cm. Segmen tersebut memiliki lubang di tengah untuk rangkaian tulangan dan adukan beton. SKPM ini dicetak menggunakan beton dengan bahan tambah limbah kaca sebagai pengganti sebagian agregat halus, sedangkan isian kolom segmen menggunakan beton normal.. Tujuan penelitian ini untuk mengkaji 1) persentase limbah kaca sebagai pengganti sebagian agregat halus agar diperoleh nilai berat isi maksimal, penyerapan air minimal dan kuat tekan maksimal SKPM, 2) perbandingan aksial tekan maksimal kolom praktis menggunakan SKPM dan kolom praktis konvensional, 3) perbandingan biaya pembuatan kolom praktis konvensional dengan kolom praktis SKPM. Penelitian kuantitatif eksperimen ini menggunakan benda uji SKPM berdimensi 15 x 15 x 15 cm, dengan variasi serbuk kaca sebesar 0%, 5%, 10% dan 15%. Benda uji kolom konvensional dengan dimensi permukaan sama dengan dimensi permukaan kolom praktis modular. Umur perawatan benda uji 28 hari. Penelitian ini menghasilkan 1) Nilai berat isi maksimal SKPM sebesar 1885,60 kg/m³ pada variasi 10%, Nilai penyerapan air minimal sebesar 13,08% pada variasi 10%, Nilai kuat tekan maksimal sebesar 7,47 MPa pada variasi 10%; 2) Nilai aksial tekan kolom praktis SKPM 17,40% lebih rendah dari kolom konvensional; 5) biaya pembuatan kolom praktis SKPM, 27,76% lebih hemat dari biaya kolom konvensional.

1. Pendahuluan

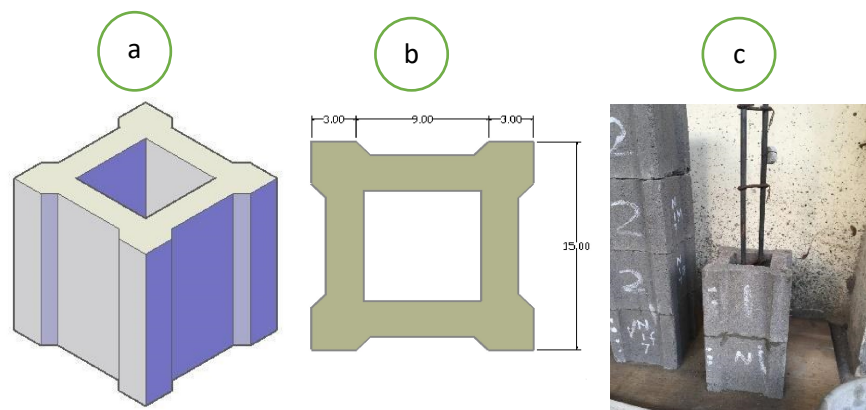
Beton pracetak adalah beton komponen bangunan yang dicetak terlebih dahulu di pabrik atau di lapangan, lalu disusun di proyek untuk membentuk satu kesatuan bangunan gedung [1]. Beton mempunyai banyak kelebihan, seperti tahan kebakaran, tahan aus, tahan gempa, tahan beban angin, dan mudah dibentuk [2]. Segmen Kolom Praktis Modular (SKPM) merupakan beton pracetak untuk kolom praktis. Kolom praktis adalah struktur kolom bangunan untuk perkuatan dinding terhadap gaya lateral. Kolom praktis biasanya dipasang pada dinding dengan jarak 3 s/d 4 meter atau setara dengan luasan dinding 12 m². SKPM dapat untuk berbagai tinggi kolom sesuai kelipatan dimensi modul 15 cm. Bentuk SKPM segi empat berdimensi modular, masing-masing dinding luar segmen kolom modular ada takikan dengan bentuk trapesium untuk perkuatan sambungan dengan komponen dinding batu bata, batako, atau sambungan dengan kosen (Gambar 1). SKPM memiliki lubang di tengah untuk rangkaian tulangan dan adukan beton [3].

Pemanfaatan limbah untuk bahan tambah beton merupakan salah satu upaya *Green High Performance Concrete*, GHPC [4]. Bahan tambah adalah material selain material utama penyusun beton yang ditambahkan sebelum atau selama pencampuran yang berperan untuk memodifikasi property [5]. Pemanfaatan limbah akan mengurangi limbah dan meningkatkan kekuatan [6] dan bernilai ekonomis karena biaya pembuatan lebih rendah dibandingkan beton pada umumnya [7].

Limbah yang akan digunakan untuk penelitian ini adalah limbah kaca yang jumlahnya sebanyak 6% atau setara dengan 3,7 juta ton (CNN, 2018). Limbah kaca tidak bisa terurai oleh alam, mencemari lingkungan. Salah satu cara mengurangi limbah adalah dengan mendaur ulang (*recycle*) untuk bahan tambah beton. Limbah kaca memiliki kandungan unsur silikat dioksida (SiO₂) sebesar 97% dan unsur lainnya seperti: Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO. Silikat dioksida memiliki daya rekat dalam beton

oleh karena adanya senyawa lain di dalam campuran beton yang akan meningkatkan property seperti : pengurangan penyerapan air dan pengeringan susut dalam batas yang diizinkan [9], berat isi [10] dan kuat tekan [11] beton.

Penelitian beton dengan bahan tambah limbah kaca sebelumnya menunjukkan peningkatan properti beton sampai pada variasi tertentu. Penelitian beton menggunakan limbah kaca sebagai bahan pengganti agregat halus sebesar 0% - 30%, menghasilkan kuat tekan optimal 33,03 MPa pada variasi kaca 10% [6]. Penelitian beton dengan bahan kaca sebagai pengganti pasir sebesar 1 – 20%, menghasilkan kuat tekan maksimal sebesar 37,15 MPa pada variasi 10% [12]. Penelitian lainnya yang menggunakan kaca sebagai pengganti pasir sebesar 5 – 50%, menghasilkan kuat tekan maksimal sebesar 32,9 MPa pada variasi 10% [13]. Jostin menggunakan limbah kaca sebagai pengganti pasir sebesar 0 – 30% menghasilkan kuat tekan maksimal 54,73 MPa pada variasi 10% dan kuat tekan tersebut 4,7% lebih besar dari pada beton normal [14]. Penelitian yang menggunakan bahan pengganti yang sama sebesar 0 – 30%, menghasilkan kuat tekan maksimal sebesar 29,84 MPa, akan tetapi pada variasi 20% [15]. Oleh karena itu penelitin ini akan mengkaji SKMP beton dengan limbah kaca sebagai bahan pengganti agregat halus untuk mendapatkan peningkatan properti berat isi, kuat tekan dan nilai minimal penyerapan air yang memenuhi SNI 03-0349-1989.



Gambar 1. Segmen Kolom Praktis Modular (SKPM), a) Tampak 3D, b) Tampak atas, c) Tulangan SKPM

2. Metode Penelitian

2.1. Material

Penelitian kualitatif eksperimen dilakukan di laboratorium Beton PTB FKIP UNS dengan material semen Portland tipe I Merk Gresik sesuai ASTM C-150-2007. Agregat halus dari Muntilan Magelang sesuai SNI 1971:2011. Berat jenis agregat sebesar 2,56 memenuhi persyaratan 2,5-2,7, penyerapan air 2,05% sesuai SNI 1970:2008. Kaca yang digunakan merupakan limbah produksi aquarium, berukuran maksimal 4,75 mm sesuai standar agregat halus. Agregat kasar untuk isian kolom segmen dan kolom konvensional sesuai SNI 1971:2011 dan ASTM C33:2003. Tulangan utama untuk kolom segmen dan kolom konvensional menggunakan (diameter 10) yang termasuk BJTP 38. Tulangan utama kolom segmen sebanyak 2 batang sedang tulangan utama kolom konvensional sebanyak 4 batang. Tulangan sengkang (diameter 6) termasuk tulangan polos (BJTP) 26.

2.2. Metode

Perbandingan semen dengan pasir SKPM 1 : 7, dengan factor air semen (FAS) sebesar 0,48 sedangkan mix design isian kolom segmen dan kolom konvensional sesuai SNI 7656, 2012, dengan kuat tekan rencana sebesar 10 MPa. Benda uji sebanyak 3 sampel untuk setiap variasi bahan tambah; setiap uji: berat isi, penyerapan air, kuat tekan SPKM, aksial tekan kolom konvensional, aksial tekan kolom SKPM. Panjang kolom konvensional dan kolom SKPM 60 cm. Umur perawatan benda uji 28 hari. Sampel akan diuji berat isi, penyerapan air, kuat tekan SKPM dan aksial tekan kolom.

Perhitungan biaya bahan dan upah tenaga kerja dari analisa hasil satuan pekerjaan (AHSP). Tulangan utama kolom praktis modular beton menggunakan dua tulangan sesuai sedangkan tulangan kolom konvensional menggunakan 4 tualgan SCG, 2018. Besarnya harga satuan pekerjaan tergantung dari besarnya harga satuan bahan dan harga satuan upah tenaga kerja. Biaya pembuatan dan pekerjaan benda uji menggunakan acuan Keputusan Walikota Surakarta Nomor 050-151 tahun 2019 Tentang Standar Satuan Harga Tahun Anggaran 2019 dan Peraturan PUPR 28/PRT/M/2016 tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

3. Hasil dan Pembahasan

Sebagaimana diuraikan dilatar belakang bahwa SKPM berfungsi sebagai komponen non struktur maka target kuat tekan mortar adalah mutu 2 SNI dengan kuat tekan minimal 4,5. Sampel mortar kontrol berbentuk kubus dengan dimensi 5x5x5 cm direncanakan menghasilkan kuat tekan 4,5 MPa. Rata-rata kuat tekan hasil uji sampel mortar kontrol kubus tersebut sebesar 4,6 MPa. Kuat tersebut memenuhi target yang direncanakan maka mortar beton control tersebut akan dipakai untuk mortar beton SKPM.

Sumber Pustaka Asroni mengatakan bahwa mutu di bawah 10 MPa dapat digunakan untuk komponen non struktur seperti kolom praktis [2]. Oleh karena itu adukan beton untuk isian kolom SKPM dan kolom konvensional direncanakan menghasilkan kuat tekan sebesar 10, MPa. Sampel yang digunakan untuk beton control tersebut berbentuk silinder siameter 15 cm, tinggi 30 cm. Rata-rata kuat tekan hasil uji sampel sebesar 11,88 MPa. Kuat tekan tersebut memenuhi target yang direncanakan maka beton control tersebut akan dipakai untuk beton sisin kolom SKPM dan kolom konvensional.

3.1. Hasil Penelitian

Hasil uji berat isi, penyerapan air, kuat tekan SKPM, aksial tekan kolom SKPM dan kolom konvensional sebagaimana disajikan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil uji berat isi, penyerapan air, kuat tekan SKPM dan aksial tekan kolom

Sam pel	SKPM			Kolom SKPM	Kolom konven
	Berat isi (kg/m ³)	Penyerapan air (%)	Kuat tekan (Mpa)	Aksial tekan (Mpa)	
K.00	1769,00	17,50	6,93	6,98	
K.05	1847,07	14,80	7,09	7,36	
K.10	1885,60	13,08	7,47	6,71	
K.15	1819,20	14,23	7,17	5,88	
Kolom konvensional				8,91	

Bekisting kolom beton umumnya hanya dipakai untuk 1 -2 kali pekerjaan, apabila material kayu masih memungkinkan dapat disusun kembali menjadi sebuah bentuk lain [16]. Bekisting untuk perhitungan baiaya penelitian ini diasumsikan dapat dipakai 4 kali (Tabel 2). Hasil perhitungan biaya pembuatan kolom beton konvensional sebesar Rp. 305.786,39 (Tabel 2) dan kolom SKPM sebesar Rp. 220.906,59 (Tabel 3).

Tabel 2. Biaya pembuatan kolom praktis konvensional

Pekerjaan	Vol	Satuan	Hrg satuan (Rp)	Jml hrg (Rp)
Beton	0,059	m ³	921.371,70	54.360,93
Pembesian	9,92	kg	19.293,57	191.392,21
Bekisting*)	0,42	m ²	142.936,31	60.033,25
JUMLAH				305.786,39

Keterangan *) = kebutuhan bekisting ¼ dari kebutuhan 1,68 m²

Tabel 3. Biaya Pembuatan kolom praktis SKPM

Pekerjaan	Vol	Satuan	Hrg satuan (Rp)	Jml hrg (Rp)
-----------	-----	--------	-----------------	--------------

Beton	0,0192	m ³	921.371,70	17.690,34
Pembesian	4,55	kg	19.293,57	87.785,74
Segmen	0,0579	m ³	1.993.618,44	115.430,51
JUMLAH				220.906,59

3.2. Pembahasan

3.2.1. Berat Isi

Tabel 1 menunjukan bahwa hasil uji berat isi semua benda uji masing-masing variasi memenuhi standar berat isi beton mortar yaitu 1800-2200 kg/m³ (Tjokrodimuljo, 2004). Berat isi SKPM naik dengan meningkatnya persentase variasi kaca sampai maksimal 10% dan menurun pada variasi 15%. Kandungan silikat dioksida (SiO₂) kaca yang besar akan mengkonsolidasikan semen, pasir dan unsur lain dalam beton SKPM menjadi semakin padat dan rongga udara antar pasir semakin kecil sampai pada batas tertentu [10]. Kemampuan limbah kaca berkonsoliadsi dengan unsur lain dalam beton meningkatkan berat isi SKPM sampai variasi 10% dan menurun pada variasi 15%.

Melalui data sekunder Hunag bahwa foto mikro serbuk kaca memiliki permukaan halus yang akan mengisi celah antar agregat dan pengisian akan meningaktkkan berat isi sampai batas tertentu [11].

3.2.2. Penyerapan air

Penyerapan air semua benda uji masing-masing variasi memenuhi mutu fisis 1 (SNI 03-0349:1989). Maksimal penyerapan air mutu 1 SNI tersebut sebesar 25%, dan penyerapan air hasil uji SKPM semua variasi lebih kecil dari 25%. Penyerapan air paling rendah sebesar 13,08% pada variasi 10% (Tabel 1). Penelitian Lu menunjukkan bahwa penurunan penyerapan air dikarenakan limbah kaca bermanfaat dalam mengurangi penyerapan air dan pengeringan susut dalam batas yang diizinkan [9], dan batas tersebut sampai variasi 10% dan menurun pada variasi 15%.

3.2.3. Kuat tekan

Kuat tekan keseluruhan sampel SKPM (Tabel 1) memenuhi mutu II SNI yang mensyaratkan kuat tekan minimal 5 MPa [18]. Semakin besar persentase kaca menghasilkan kuat tekan kuat semakin besar sampai pada variasi 10%, akan tetapi kuat tekan turun pada variasi berikutnya. Peningkatan kuat tekan SKPM dari variasi 0% ke variasi 5% sebesar 2,3%, kuat tekan SKPM dari variasi 5% ke variasi 10% sebesar 5,36%, akan tetapi kuat tekan turun 4,18% dari variasi 10% ke variasi 15%.

Kuat tekan SKPM maksimal pada variasi 10% sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Haramker (2018), Aparna (2016) Rahim (2015) dan Jostin (2017). Peningkatan kuat tekan SKPM sampai pada variasi 10% tersebut disebabkan kaca memilik kandungan silikat dioksida 97%, yang memiliki sifat pozoland [19] sehingga bereaksi dengan kapur bebas (kalsium hidroksida) yang dilepaskan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperatur normal [20]. Data sekunder foto mikro bahwa permukaan serbuk kaca halus akan mengisi celah antar agregat dan pengisian tersebut dapat meningkatkan kekuatan tekann [11].

3.2.4. Aksial tekan

Aksial tekan keseluruhan sampel kolom SKPM (Tabel 1) memenuhi syarat sebagai kolom praktis [2]. Aksial tekan maksimal kolom SKPM dicapai pada variasi 5%, berbeda dengan kuat tekan SKPM yang dicapai pada variasi 10% (3.2.3). Aksial tekan kolom SKPM dengan variasi 5% sebesar 7,36 MPa lebih rendah 17,4% dari aksial tekan kolom konvensional. Aksial tekan kolom SKPM lebih rendah disebabkan : 1) segmen dan isian beton di tengah tidak menyatu (*rigid*), 2) tulangan utama kolom SKPPM hanya 2 batang sedangkan tulangan kolom konvensional 4 batang.

3.2.5. Biaya Pembuatan kolom SKPM dan kolom konvensional

Biaya pembuatan kolom SKPM sebesar Rp. 220.906,59 (Tabel 3) dan biaya kolom praktis konvensional msebesar Rp. 305.786,39 (Tabel 2). Biaya pembuatan kolom SKPM 27,76% lebih rendah dari kolom konvensional. Kuat tekan SKPM sebesar 7,47 MPA memenuhi mutu 2 SNI, aksial tekan kolom praktis SKPM sebesar 7,36 memenuhi sebagai komponen non struktur dan biaya yang lebih hemat dari konvensional maka kolom SKPM dapat menjadi inovasi yang cukup menjanjikan.



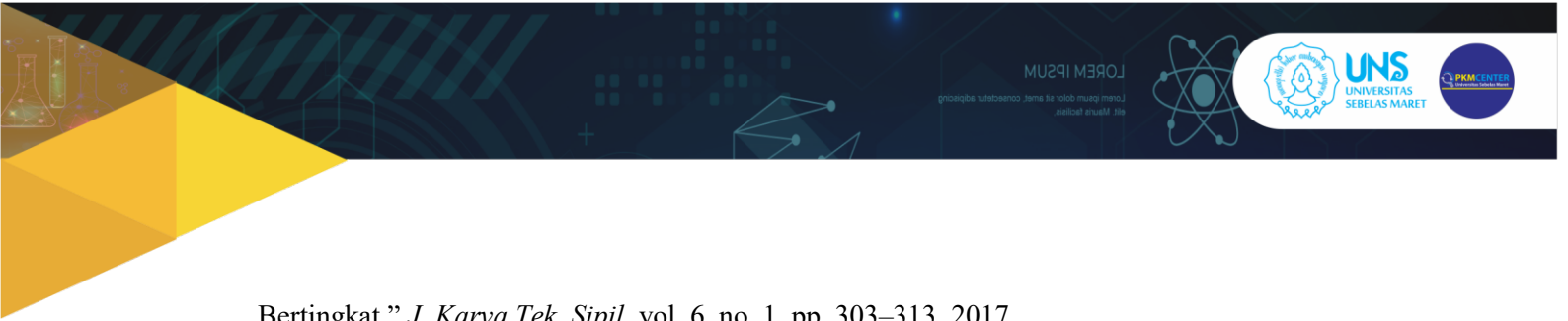
4. Kesimpulan

SKPM hasil penelitian ini memenuhi mutu 2 SNI, dan kolom SKPM memenuhi syarat untuk komponen non struktur bangunan dengan biaya pembuatan 27,6% lebih murah dari kolom konvensional.

- Nilai berat isi maksimal SKPM sebesar 1885,60 kg/m³ pada variasi 10%, nilai penyerapan air minimal sebesar 13,08% pada variasi 10% dan nilai kuat tekan maksimal sebesar 7,47 MPa pada variasi 10%
- Nilai aksial tekan maksimal kolom praktis SKPM sebesar 7,36 MPa, sedang nilai aksial tekan kolom konvensional sebesar 8,91 MPa, atau lebih besar 17,4% lebih besar dari aksial tekan kolom SKPM.
- Biaya pembuatan kolom SKPM sebesar Rp. 220.906.59, sedangkan kolom konvensional sebesar Rp. 305.786,39 atau 27,76% lebih mahal dari kolom SKPM.

5. Referensi

- [1] F. Dyastari, S. E. Agus, and B. Tyaghita, "Penerapan Konsep Modular dalam Perancangan Rumah Susun Berdasarkan Right Conservation Method," *Temu Ilm. IPLBI*, 2017.
- [2] A. Asroni, *Teori dan Desain Balok Plat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013*. UMS Press, 2017.
- [3] C. Habsya, "Segmen Kolom Praktis Modular Bangunan Rumah Tinggal," S00201100223, 2011.
- [4] M. A. B. Pejman Keikhaei De hdezi, Savas Erdem, "Physicomechanical, microstructural and dynamic properties of newly developed artificial fly ash based lightweight aggregate – Rubber concrete composite," *Compos. Part B. Eng.*, vol. 79(15), pp. 451–455, 2015.
- [5] SNI 2847-2013, *Persyaratan Beton Struktur untuk Bangunan gedung*. 2013.
- [6] J. R. Haramkar, P. N., Maske, S., Kushwaha, R. M., Sawalakhe, R. R., & Mahajan, "Partial Replacement Of Fine Aggregate by Using Glass Powder," 2018.
- [7] C. Irawan, J. J. Ekaputri, P. Aji, and T. Triwulan, "Prediksi Kuat Tekan Beton Berbahan Campuran Fly Ash dengan Perawatan Uap Menggunakan Metode Kematangan," *J. Tek. ITS*, 2012, doi: 10.12962/j23373539.v1i1.1041.
- [8] C. N. N. Indonesia, "5 Fakta Memprihatinkan Seputar Sampah," *CNN Indonesia*, 2018. .
- [9] J. X. Lu, H. Zheng, S. Yang, P. He, and C. S. Poon, "Co-utilization of waste glass cullet and glass powder in precast concrete products," *Constr. Build. Mater.*, 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.06.231.
- [10] C. Habsya, "Pemanfaatan Limbah Fly ash Batubara untuk Panel Dinding Beton Ringan Foam Ditinjau dari Sifat Fisik dan Mekanik," Surakarta, 2019.
- [11] L. J. Hunag, H. Y. Wang, and S. Y. Wang, "A study of the durability of recycled green building materials in lightweight aggregate concrete," *Constr. Build. Mater.*, 2015, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.08.018.
- [12] K. Aparna Srivastav, "Partial Replacement of Fine Aggregates by using Waste Glass," *Partial Replace. Fine Aggregates by using Waste Glas.*, vol. 4, no. 3, 2016.
- [13] N. L. Rahim, R. Che Amat, N. M. Ibrahim, S. Salehuddin, S. A. Mohammed, and M. Abdul Rahim, "Utilization of recycled glass waste as partial replacement of fine aggregate in concrete production," *Mater. Sci. Forum*, vol. 803, pp. 16–20, 2015, doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.803.16.
- [14] B. Jostin, P., & Priya, "Use Of Glass Powder As Fine Aggregate In High Strength Concrete," *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 2 (7), 2017.
- [15] K. Reddy, M. V. S., Sumalatha, P., Madhuri, M., & Ashalatha, "Incorporation of Waste Glass Powder as Partial Replacement of Fine Aggregate in Cement Concrete," *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 6 (12), pp. 409–415, 2015.
- [16] H. S. Pratama, R. K. Anggraeni, A. Hidayat, and R. R. Khasani, "Analisa Perbandingan Penggunaan Bekisting Konvensional, Semi Sistem, Dan Sistem (Peri) Pada Kolom Gedung



- Bertingkat,” *J. Karya Tek. Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 303–313, 2017.
- [17] B. S. Nasional, “SNI 03-0349-1989,” *Bata Bet. untuk pasangan dinding*, 1989.
- [18] S. N. Indonesia, “Standar Nasional Indonesia Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland untuk pekerjaan sipil,” *Sni 03-6825-2002*, 2002.
- [19] Nursyamsi, I. Indrawan, and I. P. Hastuty, “Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Tambah Dalam Pembuatan Batako,” 2016.
- [20] A. Paul Nugraha, “Teknologi Beton, dari material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi,” *Penerbit Andi*, 2007.