

PENGARUH KUAT TEKAN BETON FC 10,38 MPA DENGAN PENGGUNAAN STEEL FIBER SEJUMLAH 1,5 % DARI AGREGAT KASAR

Roni Dwi Anggara, Zendy Bima Mahardana, Ahmad Fauzan Firulla Bahril Wakhid, Fathur Rohman Rio Pamungkas, Silviana Rohmatin, Liana Widiastuti, Humidatul Aula
Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kadiri, Jl. Selomangleng No. 1, Kediri
Email: zmahardana@unik-kediri.ac.id

ABSTRAK: Beton merupakan media konstruksi bangunan yang memiliki sifat kuat terhadap tekan dan terbentuk dari campuran agregat kasar (koral), agregat halus (pasir), semen dan air. Keunggulan dari beton adalah memiliki sifat mekanik yang kuat, daya tahan yang sangat baik, serta memiliki struktur mikro yang padat. Dibalik keunggulan-keunggulan beton, beton juga tetap memiliki kekurangan. Salah satu kekurangan adalah pada kebutuhan dalam memperoleh material. Hal tersebut disebabkan oleh eksploitasi bahan material secara berlebih sesuai dengan maraknya penggunaan beton hingga jangkauan dalam memperoleh material menjadi lebih sulit dan mahal. Dalam rekayasa kebutuhan material yang digunakan dalam penelitian pembuatan beton kali ini adalah dengan melakukan kombinasi serat baja pada bahan baku pembuatan beton. Metode yang digunakan dalam penelitian beton kali ini adalah dengan menggunakan metode kombinasi serat baja menjadi campuran bahan baku beton, Dari penelitian ini didapat kesimpulan bahwa harga pembuatan beton normal lebih murah dibanding beton dengan modifikasi serat baja. Perbandingan untuk pembuatan 3 buah pada beton normal menganggarkan Rp151.415,00 sedangkan pada beton dengan penambahan serat baja menghabiskan anggaran biaya senilai Rp155.312,00. Selisih harga pada pembuatan beton adalah Rp3.897,00. Pada hasil uji kuat tekan beton kombinasi serat baja nilai tertinggi adalah 11,87 Mpa dengan nilai rata – rata 10,58 Mpa, sehingga mampu memenuhi target rencana job mix formula 10,38 Mpa.

Kata kunci: Beton, Campuran beton, Hasil pengujian beton, Kuat tekan beton

EFFECT OF COMPRESSION STRENGTH OF FC 10.38 MPA USING STEEL FIBER AT 1.5% OF COARSE AGGREGATE

ABSTRACT: Concrete is a building construction medium that has strong compressive properties and is formed from a mixture of coarse aggregate (coral), fine aggregate (sand), cement and water. The advantages of concrete are that it has strong mechanical properties, excellent durability, and has a dense microstructure. Behind the advantages of concrete, concrete also still has drawbacks. One of the drawbacks is the need to obtain materials. This is due to the excessive exploitation of materials in accordance with the widespread use of concrete so that the reach in obtaining materials becomes more difficult and expensive. In engineering the material requirements used in the research of making concrete this time is to do a combination of steel fibers in the raw material for making concrete. The method used in the concrete research this time is by using the combination method of steel fibers into a mixture of concrete raw materials. Comparison for the manufacture of 3 pieces of normal concrete budgeted Rp151,415.00 while the concrete with the addition of steel fibers spent a budget of Rp155,312.00. The price difference in the manufacture of concrete is Rp3,897.00. In the results of the compressive strength test of the steel fiber combination, the highest value is 11.87 Mpa with an average value of 10.58 Mpa, so that it is able to meet the target of the job mix formula plan of 10.38 Mpa.

Keywords: Concrete, Concrete Mixture, Concrete Test Results, Concrete Compressive Strength.

PENDAHULUAN

Beton merupakan media konstruksi bangunan yang memiliki sifat kuat terhadap tekan dan terbentuk dari campuran agregat kasar (koral), agregat halus (pasir), semen dan air, bahan tersebut dicampurkan kemudian akan digunakan untuk bahan bangunan suatu konstruksi (Huang et al., 2019) (Aghaeipour dan Madhkan, 2020). Keunggulan dari beton adalah memiliki sifat mekanik yang kuat, daya tahan yang sangat baik, serta memiliki struktur mikro yang padat (Ding et al., 2021). Selain itu Keunggulan lain dari beton adalah memiliki sifat tahan terhadap permeabilitas, tahan terhadap penyerapan air serta anti terhadap peredaman suara (Evangelista dan De Brito, 2019) (Miraldo et al., 2021). Dibalik kunggulan - keunggulan beton, beton juga tetap memiliki kekurangan, salah satunya adalah kebutuhan dalam memperoleh material dapat menyebabkan kerusakan ekosistem alam. Hal tersebut disebabkan eksploitasi bahan material secara berlebih sesuai dengan maraknya penggunaan beton sebagai media konstruksi (Zhang, 2019). Dalam rekayasa kebutuhan material yang digunakan dalam penelitian pembuatan beton kali ini adalah dengan melakukan kombinasi serat baja pada bahan baku pembuatan beton. Serat baja merupakan bahan tambahan untuk meningkatkan kinerja kekuatan dari beton yang terbuat dari campuran agregat serat halus dari baja. Pada bahan campuran tersebut, serat baja diharapkan mampu menopang serta menyeimbangkan bahan baku pembuatan beton agar kuat dan beton menjadi lebih stabil dengan dilakukannya pengurangan material baku (Huang et al., 2018). Metode yang digunakan dalam penelitian beton kali ini adalah kombinasi serat baja menjadi campuran bahan baku beton (Wu et al., 2019). Pengujian yang dilakukan dalam penelitian beton adalah uji kadar air, uji kadar lumpur, uji slump dan uji kuat tekan beton dengan masa perawatan 28 hari, sehingga dapat mengetahui seberapa besar pengaruh bahan campuran serat baja pada pembuatan beton (Sasanipour dan Aslani, 2020). Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh kuat tekan beton dengan material kombinasi serat baja dengan target mutu beton adalah fc 10,38 MPa pada usia perawatan 28 hari (Arfiadi, 2015).

METODE

Pengujian dibagi menjadi tiga bagian. Pada material agregat kasar dan agregat halus dilakukan pengujian karakteristik material tersebut yang terdiri dari uji kadar air, kadar lumpur, dan keausan, pengujian tersebut dimaksudkan untuk mengetest ketahanan beton dari kuat tekan dan tarik (Alaskar et al., 2021). Untuk adonan beton yang dicampur dengan serat baja akan diuji kelongsorannya. Terakhir untuk menguji hasil jadi beton, akan dilakukan uji kuat tekan beton. Pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Kadiri menggunakan agregat kasar dan agregat halus dari Lumajang. Pada setiap pengujian yang dilaksanakan, digunakan alat berbeda dengan komposisi bahan yang berbeda pula.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang ukurannya tidak lebih dari 2.00 mm. Agregat halus berguna untuk meningkatkan kepadatan pada beton (Castillo et al., 2020). Agregat halus yang digunakan harus bersih dari bahan organik, lempung, dan partikel yang tidak lolos saringan No.10. Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang didatangkan dari Lumajang.



Gambar 1. Pasir

- Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan di saringan No. ½ in. Agregat kasar sangat diperlukan dalam pembuatan beton sebagai campuran dari semen dan air (Saberian et al., 2020). Agregat kasar dapat berupa kerikil dan batu pecah. Agregat kasar yang digunakan dalam pengujian ini berupa kerikil (koral) dari Lumajang.



Gambar 2. Koral

- **Semen**
Semen merupakan salah satu material yang berfungsi sebagai pengikat campuran adonan pembuatan beton. Fungsi lain penggunaan semen adalah sebagai solusi optimal untuk bahan utama pembuatan beton (Taklymi et al., 2020). Pada praktikum kali ini semen yang digunakan adalah jenis semen tipe 1 dengan merk dagang Semen Gresik.



Gambar 3. Semen

- **Air**
Air merupakan bahan yang penting pada pembuatan beton. Air digunakan untuk bahan campuran semen pada proses pembuatan beton (Abolhasani et al., 2020). Air yang digunakan pada campuran beton harus higienis serta bebas dari bahan yang menghambat dan merugikan proses pembuatan beton. Air yang digunakan dalam pengujian ini adalah air bersih dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiri.



Gambar 4. Air

- **Serat Baja**
Serat Baja merupakan bahan yang berfungsi untuk meningkatkan ketahanan beton terhadap retak. Serat baja memiliki sifat kuat

serta memiliki daya tahan mekanik dalam kinerja sebagai daya tahan beton (Gebretsadik et al., 2021). Sampel Serat Baja yang digunakan diameter 0.8 mm dan panjang 50 mm. Pada praktikum ini serat baja diperoleh dari pembelian di toko online, dengan harga Rp25.000 per kilogram.



Gambar 5. Serat Baja

Analisis Harga Satuan

Analisis Harga Satuan merupakan sebuah acuan dalam menentukan harga dalam memenuhi kebutuhan bahan (PUPR, 2022). Dalam penelitian beton ini kami menggunakan acuan harga sebagai berikut :

Tabel 1. Daftar Harga

Material	Satuan	Harga Satuan (Rp)
Semen	1 Sak	55.000
Koral	1 m ³	304.000
Pasir	1 m ³	384.000
Serat Baja	1 Kg	25.000

Analisis harga satuan pada penelitian berikut digunakan sebagai media komparasi harga dalam pembuatan beton normal dengan pembuatan beton modifikasi menggunakan *Steel Fiber* untuk mencapai efisiensi harga produksi.

Metode Pengujian

Pengujian dibagi menjadi tiga tahap, yang masing-masing adalah sebagai berikut :

- **Pengujian Kadar Air**
Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui nilai kadar air yang terkandung pada agregat. Alat yang digunakan berupa timbangan, wadah, oven, dan ayakan. Pengujian dilakukan dengan menyiapkan agregat halus berupa pasir kering lapangan lolos ayakan No. 10 sebanyak 500 gr dan agregat kasar berupa koral tertahan ayakan ½ sebanyak 2000 gr. Agregat dicuci hingga bersih dari lumpur, kemudian dikeringkan

dengan oven pada suhu (110 ± 5) °C selama beberapa saat. Keadaan susut agregat halus yang memenuhi standar adalah sebesar 3% - 5% dan untuk agregat kasar adalah sebesar 0,5% - 2% (ASTM, 2004).

- Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur bertujuan untuk mengetahui persentase kadar lumpur yang terkandung pada agregat. Alat yang digunakan berupa timbangan, wadah, oven, gelas ukur, penggaris dan ayakan. Pengujian dilakukan dengan menyiapkan agregat halus berupa pasir kering lapangan lolos ayakan No. 10 sebanyak 500 gr dan agregat kasar berupa koral tertahan ayakan 3/8 sebanyak 1000 gr. Agregat yang sudah dicuci hingga bersih lalu dimasukkan pada gelas ukur yang sudah ditambahkan air dan ditetesi cuka secukupnya. Tingkat kadar lumpur dapat diukur menggunakan penggaris setelah diendapkan selama 24 jam. Kadar lumpur agregat halus yang memenuhi standart tidak boleh lebih dari 5 % dan untuk agregat kasar sebesar 1%.

- Pengujian Keausan

Pengujian keausan bertujuan untuk mengetahui angka keausan agregat, yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No. 12 (1,7 mm) terhadap berat semula dalam persen. Alat yang digunakan berupa mesin Abrasi Los Angeles, saringan No. 12, 3/4, 1/2 dan 3/8, timbangan, bola-bola baja, dan oven. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan koral yang tertahan pada ayakan 1/2 dan 3/8, dengan berat masing-masing 2500 gr dalam kondisi bersih dan kering dari oven ke dalam mesin Abrasi Los Angeles TA-700 untuk diputar sebanyak 500 putaran bersamaan dengna bola baja sebanyak 11 buah. Hasil abrasi yang lolos saringan no. 12 (1,7 mm) harus sesuai dengan ASTM yaitu tidak boleh lebih dari 40% dari total berat kering koral (ASTM, 2014).

- Job Mix Formula

Pekerjaan *Job Mix Formula* beton bertujuan untuk mendapatkan kualitas campuran beton yang diinginkan dengan mencampur material pembentuk beton segar pada komposisi tertentu. Pada pengujian ini direncakana beton dengan mutu fc 10,38 MPa. Dibutuhkan semen, pasir, koral, air, dan bahan tambahan yaitu serat baja dengan perbandingan sebagai berikut :

Tabel 2. *Job mixing formula*

Benda Uji	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Koral (Kg)	Air (L)	Tambahan (gr)
Beton Norma 1 (Fc 10,38 MPa)	7.32	13.20	19.00	410	0
Beton Steel Fiber	7.25	13.12	18.92	402	300 (Steel Fiber)

Bahan-bahan tersebut dimasukkan satu per satu ke dalam mesin molen dalam rentang waktu yang ditentukan.

- Pengujian Slump

Alat yang digunakan yaitu kerucut abrams, penumbuk, dan mistar. Pengujian ini dilaksanakan dengan mencampur adonan beton dengan komposisi pasir sebanyak 13,2 kg, koral sebanyak 19,20 kg, air sebanyak 4 L, semen sebanyak 7,325 kg, dan serat baja sebanyak 300 gr. Adonan beton segar tersebut dimasukkan ke dalam kerucut abrams yang sudah dibasahi dan dirojok sebanyak 25 kali. Pengukuran kelongsoran yang terjadi dilakukan dengan mengukur tinggi pusat kelongsoran dengan acuan alat pengukur slump menggunakan mistar. Tinggi kelongsoran yang diizinkan yaitu rentang 8-12 cm.

- Pengujian Kuat Tekan Beton

Alat yang digunakan pada pengujian ini berupa Universal Testing Machine Type TC-325 dengan kapasitas tekan 150 Ton dengan gaya 220 VAC. Benda uji berupa hasil jadi beton berukuran 15 x 30 cm sebanyak tiga buah yang sudah direndam selama 28 hari. Pengujian dilakukan dengan meletakkan masing-masing beton ke dalam alat uji hingga mencapai batas tekan maksimal. Selama pengujian, dilakukan pengamatan dan pencatatan nilai dari kemampuan hancur dari beton (ASTM., 2001).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil dan pengolahan data penelitian dengan melakukan penelitian yang meliputi pengujian kadar air agregat halus dan agregat kasar, kadar lumpur agregat halus dan agregat kasar, pengujian slump, dan pengujian kuat tekan.

Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pada pengujian kadar air agregat halus, perhitungan akan disajikan dalam bentuk Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Uraian	Simbol	Hasil	Satuan
Berat Wadah	(W1)	160	gr
Berat Wadah + Benda Uji Awal	(W2)	660	gr
Berat Benda Uji Awal	$W3 = W2 - W1$	500	gr
Berat Wadah + Benda Uji Kering	(W4)	638	gr
Berat Benda Uji Kering	$W5 = W4 - W1$	478	gr
Kadar Air	$\frac{W3 - W5}{W5} \times 100$	4,6	%

Berdasarkan hasil perhitungan tabel di atas, dapat diketahui bahwa nilai kadar air agregat halus sebesar 4,6% dan memenuhi standart yang di tentukan yaitu 3% -5%.



Gambar 6. Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Pada pengujian kadar air agregat kasar, perhitungan akan disajikan dalam bentuk Tabel 4.

Berdasarkan hasil perhitungan tabel di atas, dapat diketahui bahwa nilai kadar air agregat kasar sebesar 1,62 % dan memenuhi standart yang di tentukan yaitu 0.5% - 2%.

Tabel 4. Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Uraian	Simbol	Hasil	Satuan
Berat Wadah	(W1)	160	gr
Berat Wadah + Benda Uji Awal	(W2)	0	gr
Berat Benda Uji Awal	$W3 = W2 - W1$	200	gr
Berat Wadah + Benda Uji Kering	(W4)	212	gr
Berat Benda Uji Kering	$W5 = W4 - W1$	196	gr
Kadar Air	$\frac{W3 - W5}{W5} \times 100$	1,6	%

Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pada pengujian kadar lumpur agregat halus, perhitungan akan disajikan dalam bentuk tabel berikut :

Tabel 5. Pengujian Kadar Lumpur dari Agregat Halus

Uraian	Simbol	Hasil	Satuan
Tinggi Pasir	H1	2,6	cm
Tinggi Lumpur	H2	0,12	cm
Kadar Lumpur	$\frac{H2}{H1 + H2} \times 100$	4,58	%

Berdasarkan hasil perhitungan tabel di atas, dapat diketahui bahwa nilai kadar lumpur agregat halus sebesar 4,58% sehingga memenuhi standart yang di tentukan yaitu 5%.



Gambar 7. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pada pengujian kadar lumpur agregat kasar, perhitungan akan disajikan dalam bentuk tabel berikut:

Tabel 6. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Uraian	Simbol	Hasil	Satuan
Berat benda uji sebelum dicuci	A	1000	Gr
Berat benda uji setelah dicuci dan disaring dengan ayakan no. 200	B	970	Gr
Kadar Lumpur	$C = \frac{A-B}{B} \times 100$	3,09	%

Berdasarkan hasil perhitungan tabel di atas, dapat diketahui bahwa nilai kadar lumpur agregat kasar sebesar 3,09% dan tidak memenuhi standart yang di tentukan yaitu maksimum 1%.

Pengujian Keausan Agregat Kasar

Pada pengujian keausan agregat kasar, perhitungan akan disajikan dalam bentuk tabel berikut:

Tabel 7. Pengujian Keausan Agregat Kasar

Uraian	Simbol	Hasil	Satuan
Tertahan Saringan 1/2	a1	2500	gr
Tertahan Saringan 3/8	a2	2500	gr
Berat benda uji sebelum dimasukkan ke mesin LA	A = a1+a2	5000	gr
Berat benda uji setelah dikeluarkan dari mesin LA tertahan saringan No. 12	B	3764	gr
Keausan	$\frac{A-B}{B} \times 100$	32,83	%

Berdasarkan hasil perhitungan tabel di atas, dapat diketahui bahwa nilai keausan agregat kasar sebesar 32,83% dan termasuk beton dengan mutu rendah karena standar spesifikasi keausan agregat kasar maksimum yaitu 50%.



Gambar 8. Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar

Analisa Harga

Tabel 8. Daftar Harga

No	Barang	Beton Normal		Beton Steel Fiber			
		Berat	Satuan	Harga (Rp)	Berat	Satuan	Harga (Rp)
1	Semen	7,325	Kg	16.115	7,25	Kg	15.950
2	Koral	19,819	Kg	69.300	18,925	Kg	66.237
3	Pasir	13,2	Kg	66.000	13,125	Kg	65.625
4	Steel Fiber Total				300	Gr	7.500
	Harga			151.415			155.312

Berdasarkan tabel daftar harga di atas, untuk membuat benda uji beton normal sebanyak 3 buah memerlukan biaya sebesar Rp151.415. Sedangkan, untuk membuat benda uji beton dengan kombinasi serat baja 1,5 % sebanyak 3 buah memerlukan biaya sebesar Rp155.312.

Pengujian Slump

Dalam pengujian uji slump dilakukan pada adonan segar dari campuran material penyusun beton. Adapun hasil dari uji slump dapat disajikan pada gambar di bawah:

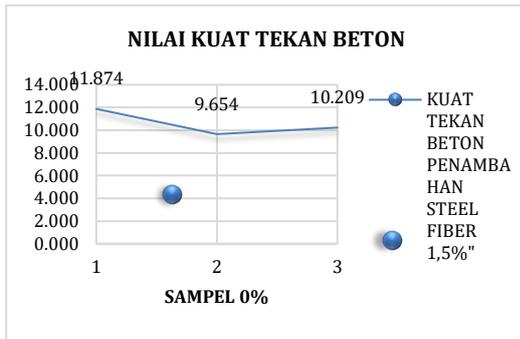


Gambar 9. Uji Slump Beton

Dari Gambar 9. didapatkan penurunan sebesar 11 cm. Nilai penurunan tersebut dianggap layak karena kisaran nilai uji slump yang ditentukan sekitar 8 cm hingga 12 cm.

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan alat Universal testing machine dengan pengujian kuat tekan beton umur 28 hari. Adapun hasil dari Pengujian Kuat Tekan dapat disajikan pada grafik di bawah:



Gambar 10. Grafik Uji Kuat Tekan Beton

Dari Gambar 10 diperoleh nilai kuat tekan beton kombinasi serat baja tertinggi pada sampel 1 yaitu 11, 874 Mpa dengan nilai rata – rata kuat tekan beton adalah 10,579 Mpa.



Gambar 11. Alat Universal Testing Machine



Gambar 12. Hasil sampel uji kuat tekan



Gambar 13. Hasil Pembacaan Alat Universal Testing Machine

SIMPULAN

Dari penelitian ini didapat kesimpulan bahwa harga pembuatan beton normal lebih murah dibanding beton dengan modifikasi serat baja. Perbandingan untuk pembuatan 3 buah pada beton normal menganggarkan Rp151.415,00 sedangkan pada beton dengan penambahan serat baja menghabiskan anggaran biaya senilai Rp155.312,00. Selisih harga pada pembuatan beton adalah Rp3.897,00. Pada hasil uji kuat tekan beton

kombinasi serat baja nilai tertinggi adalah 11,87 MPa dengan nilai rata – rata 10,58 MPa, sehingga mampu memenuhi target rencana *job mix formula* 10,38 Mpa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abolhasani, A., Nazarpour, H., Dehestani, M. 2020. The Fracture Behavior and Microstructure of Calcium Aluminate Cement Concrete with Various Water-Cement Ratios. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 109: 102690.
- Aghaeipour, A., dan Madhkhan, M. 2020. Mechanical Properties and Durability of Roller Compacted Concrete Pavement (RCCP)–a Review. *Road Materials and Pavement Design*, 21(7): 1775–1798.
- Alaskar, A., Alabduljabbar, H., Mustafa Mohamed, A., Alrshoudi, F., Alyousef, R. 2021. Abrasion and Skid Resistance of Concrete Containing Waste Polypropylene Fibers and Palm Oil Fuel Ash as Pavement Material. *Construction and Building Materials*, 282: 122681.
- ASTM. 2001. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens 1*. 04(March): 1–5.
- ASTM. 2004. *Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying 1*. i(Reapproved): 3–5.
- ASTM. 2014. *Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine 1*. i: 1–5.
- Castillo, E. D. R., Almesfer, N., Saggi, O., Ingham, J.M. 2020. Light-Weight Concrete with Artificial Aggregate Manufactured from Plastic Waste. *Construction and Building Materials*, 265: 120199.
- Ding, M., Yu, R., Feng, Y., Wang, S., Zhou, F., Shui, Z., Gao, X., He, Y., Chen, L. 2021. Possibility and Advantages of Producing an Ultra-High Performance Concrete (UHPC) with Ultra-Low Cement Content. *Construction and Building Materials*, 273: 122023.
- Evangelista, L., dan De Brito, J. 2019.

- Durability of Crushed Fine Recycled Aggregate Concrete Assessed by Permeability-Related Properties. *Magazine of Concrete Research*, 71(21): 1142–1150.
- Gebretsadik, B., Jadidi, K., Farhangi, V., Karakouzian, M. 2021. Application of Ultrasonic Measurements for the Evaluation of Steel Fiber Reinforced Concrete. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 11(1): 6662–6667.
- Huang, B.T., Li, Q.-H., Xu, S.-L. 2019. Fatigue Deformation Model of Plain and Fiber-Reinforced Concrete Based on Weibull Function. *Journal of Structural Engineering*, 145(1): 04018234.
- Huang, W.P., Yuan, Q., Tan, Y.L., Wang, J., Liu, G.L., Qu, G.L., Li, C. 2018. An Innovative Support Technology Employing a Concrete-Filled Steel Tubular Structure for a 1000-m-Deep Roadway in a High in Situ Stress Field. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 73(November 2017): 26–36.
- Miraldo, S., Lopes, S., Pacheco-Torgal, F., Lopes, A. 2021. Advantages and Shortcomings of the Utilization of Recycled Wastes as Aggregates in Structural Concretes. *Construction and Building Materials*, 298.
- PUPR. 2022. *Analisa Harga Satuan Pekerjaan Daerah Jakarta*. 1–12.
- Saberian, M., Li, J., Perera, S.T.A.M., Ren, G., Roychand, R., Tokhi, H. 2020. An Experimental Study on the Shear Behaviour of Recycled Concrete Aggregate Incorporating Recycled Tyre Waste. *Construction and Building Materials*, 264: 120266.
- Sasanipour, H., dan Aslani, F. 2020. Durability Assessment of Concrete Containing Surface Pretreated Coarse Recycled Concrete Aggregates. *Construction and Building Materials*, 264: 120203.
- Taklymi, S.M.Q., Rezaifar, O., Gholhaki, M. 2020. Investigating the Properties of Bentonite and Kaolin Modified Concrete as a Partial Substitute to Cement. *SN Applied Sciences*, 2(12).
- Wu, Z., Shi, C., Khayat, K.H. 2019. Investigation of Mechanical Properties and Shrinkage of Ultra-High Performance Concrete: Influence of Steel Fiber Content and Shape. *Composites Part B: Engineering*, 174(June): 107021.
- Zhang, X. 2019. *Concrete crack detection using context-aware deep semantic*. 1–21.