



Tersedia Secara Online di
<http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmateks/index>

JURMATEKS

<http://dx.doi.org/10.30737/jurmateks>

Modifikasi Beton Fc 9,8 Mpa Menggunakan Abu Ampas Kopi

S. Wimaya^{1*}, A. I. Candra², S. Winarto³

^{1*,2,3}Fakultas Teknik, Universitas Kadiri

Email : ^{1*} shirfiw@gmail.com.

ARTICLE INFO

Article history:

Artikel masuk : 19-09-2020

Artikel revisi : 25-09-2020

Artikel diterima : 28-09-2020

Keywords :

Concrete, Cement, Ashes of Coffee Grounds, Strong Press

Style IEEE dalam mensitasi artikel ini: [20]

J. Oliver, "Improved docking of polypeptides with Glide," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 7, pp. 1689–1699, 2013, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

ABSTRACT

Concrete is a construction material that is widely used in building structures. Cement is the main constituent of concrete whose needs are increasing. The expansion of coffee shops in Kediri City resulted in an increase in the volume of coffee grounds waste, which can be used as an alternative to cement. The purpose of this study was to determine the value of the slump test, compressive strength test, and test the absorption capacity of the addition of coffee grounds ash to the concrete sample specimen using a cylinder is measuring 15cm x 30cm with 5 pieces of concrete quality K-125 or equivalent to fc '9.8 Mpa. Slump test results with a percentage of 4%, 8%, 12%, namely 2.5 cm, 0.5 cm and 2.5 cm. The results of the concrete compressive strength test with a percentage of 4% obtained the results of the compressive strength fc '10.51 Mpa or equivalent to K125, a percentage of 8% produces a compressive strength of fc' 8.39 and a percentage of 12% produces a compressive strength fc '7.56 Mpa equivalent to K100. The water absorption test results for 28 days resulted in an average value of 0.32 kg, 0.25 kg, 0.15 kg, and 33 kg.

ABSTRAK

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang banyak digunakan pada struktur bangunan. Semen merupakan penyusun utama beton yang kebutuhannya semakin meningkat. Perluasan kedai kopi di Kota Kediri mengakibatkan peningkatan volume limbah ampas kopi yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti semen. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai uji slump, uji kuat tekan, dan uji daya serap penambahan abu ampas kopi pada benda uji beton dengan menggunakan silinder berukuran 15cm x 30cm dengan kualitas beton sebanyak 5 buah. K-125 atau setara dengan fc '9.8 Mpa. Hasil uji slump dengan persentase 4%, 8%, 12% yaitu 2.5 cm, 0.5 cm dan 2.5 cm. Hasil uji kuat tekan beton dengan persentase 4% didapatkan hasil kuat tekan fc '10.51 Mpa atau setara dengan K125 persentase 8% menghasilkan kuat tekan fc '8,39 dan persentase 12% menghasilkan kekuatan tekan fc '7,56 Mpa setara dengan K100. Hasil pengujian daya serap air selama 28 hari menghasilkan nilai rata-rata 0,32 kg, 0,25 kg, 0,15 kg, dan 33 kg.

1. Pendahuluan

Salah satu negara penghasil kopi terbesar di dunia adalah Indonesia. Pada tahun 2016, menurut riset Badan Pusat Statistik Indonesia memproduksi sekitar 667.655 ton kopi per tahunnya.[1] Kopi merupakan tanaman berbiji keping dua atau biasa disebut dikotil dan memiliki akar tunggang yang membuat tanaman kopi dapat berdiri kokoh, tanaman kopi juga digolongkan ke dalam genus *Coffea* keluarga *Rubiaceae*. [2]

Ampas kopi merupakan limbah industri pangan yang banyak ditemukan di kota Kediri, limbah tersebut dihasilkan dari pengolahan biji kopi. Dari kurang lebih 500 gram bubuk kopi yang digunakan menghasilkan sekitar 340 gram ampas kopi.[3] Sama seperti limbah industri pangan yang lain, limbah ampas kopi mempunyai potensi dan dapat dimanfaatkan, salah satunya sebagai campuran beton.[4] Dengan mengolah ampas kopi menjadi abu ampas kopi dapat dimanfaatkan sebagai material pengganti sebagian semen.[5]

Abu ampas kopi hasil dari pengolahan minuman kopi dipisahkan dari material lain, yang kemudian dicuci sampai bersih lalu dikeringkan dengan cara dijemur.[6] Setelah kering, abu ampas kopi dibakar pada oven dengan suhu stabil 200°C selama 4 jam untuk mendapatkan arang sekam dan kemudian dibakar kembali pada suhu 700°C pada *furnace electric*. [7] Selanjutnya ampas kopi dihaluskan dan diayak dengan saringan No.200 sehingga menjadi abu.[8] Pada penelitian ini tidak dilakukan uji kandungan senyawa kimia dalam abu ampas kopi.

Di era modern seperti sekarang menunjukkan perkembangan pembangunan infrastruktur di bidang konstruksi yang sangat pesat, mulai dari pembangunan perumahan, perkantoran, dan rumah sakit.[9] Sebagai bahan bangunan beton menjadi salah satu material bangunan yang sudah lama digunakan secara luas oleh masyarakat. Beton memiliki kelebihan dibanding material struktur lainnya yaitu memiliki kekuatan yang baik dan tahan terhadap perubahan cuaca, beton juga relatif mudah dalam pengerjaan.[10][11]

Keuntungan dalam penggunaan beton sebagai bahan bangunan adalah selain dapat dibentuk sesuai dengan keinginan pekerjaan, bahan-bahan juga relatif murah dan mudah didapat. Beton adalah bahan bangunan yang terdiri dari campuran agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), semen, air dan bahan tambahan lain seperti abu ampas kopi.[12] Sehingga akan dilaksanakan percobaan untuk mengetahui dampak dari modifikasi beton menggunakan abu ampas kopi dengan kekuatan awal beton $F_c' 9,8$ Mpa. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan abu ampas kopi terhadap nilai slump, kuat tekan, dan daya serap.[13]

2. Studi Literatur

Berdasarkan penelitian terdahulu terdapat 2 penelitian yang menjadi acuan penulis untuk membahas mengenai kuat tekan dan daya serap beton. Adapun penelitian yang menjadi landasan dasar dilakukannya penelitian yaitu di Universitas Sumatera Utara (2018) yang berjudul Studi Eksperimen Penggunaan Abu Ampas Kopi Sebagai Material Pengganti Parsial Semen Pada Pembuatan Beton, yang menghasilkan kuat tekan beton dengan penambahan abu ampas kopi sebagai pengganti parsial semen mendapat hasil yang baik. Penelitian yang selanjutnya yaitu oleh Anik Ratnaningsih yang berjudul Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi Sebagai Agregat Campuran Beton Ringan Material *Wall/Flooring* dengan hasil kuat tekan dapat memenuhi standart dan kulit kopi dapat digunakan sebagai material beton ringan campuran bahan *wall/flooring*.

2.1 Dasar Teori

Beton terdiri dari campuran agregat, semen dan air. [14] Bahan yang digunakan dalam menyusun beton umumnya dibedakan menjadi dua yaitu agregat kasar (krikil atau batu pecah) dan agregat halus (pasir). Agregat halus dan agregat kasar merupakan bahan penyusun campuran kasar yang merupakan komponen utama beton. Kekuatan, keawetan dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat bahan dasar tersebut di atas, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan (Tjokrodinuljo, 1996).[15] Beton juga memiliki kekuatan dan tahan akan temperatur yang tinggi dan biaya pemeliharaan relatif murah. Menurut Mulyono (2004) secara umum klasifikasi beton menurut kelasnya dibagi menjadi 3 yaitu : Beton kelas I, Beton kelas II, Beton kelas III.[16]

2.2 Penambah Parsial Semen (Abu Ampas Kopi)

Abu Ampas kopi hasil dari pengolahan minuman kopi dipisahkan dari material lain, kemudian dicuci sampai bersih lalu dikeringkan dengan cara dijemur.[17] Setelah kering, abu ampas kopi dibakar pada oven dengan suhu stabil 200°C selama 4 jam untuk mendapatkan arang sekam B3 dan kemudian dibakar kembali pada suhu 700°C pada *furnace electric*. [18] Selanjutnya abu ampas kopi dihaluskan dan diayak dengan saringan No.200 sehingga menjadi abu.[8] Pada penelitian ini tidak dilakukan uji kandungan senyawa kimia dalam abu ampas kopi.



Sumber : Dokumentasi Penelitian

Gambar 1. Penambah Parsial Semen (Abu Ampas Kopi)

Tabel 1. Berat Jenis Abu Ampas Kopi

KADAR ABU AMPAS KOPI (%)	BERAT JENIS (gr/cm ³)
0%	2,48
4%	2,50
8%	2,54
12%	2,56

Sumber : Analisa Perhitungan

2.3 Pengujian Kuat Beton

Kekuatan suatu material didefinisikan sebagai kemampuan meterial dalam menahan pembebanan dan gaya-gaya mekanis sampai terjadi kegagalan.[19] Berdasarkan SNI 03 – 1974 – 1990 kuat tekan beton merupakan besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu oleh mesin tekan.[20][21]

$$K = \frac{P}{A}$$

Dimana :

K = Kuat Tekan Beton (kg/cm²)

P = Gaya tekan aksial, dinyatakan dalam newton (N)

A = Luas penampang melintang benda uji, (mm²)

Sumber : SNI 1974 – 2011

Modifikasi Beton Fc 9,8 Mpa Menggunakan Abu Ampas Kopi

<http://dx.doi.org/10.30737/jurmateks>

© 2020 JURMATEKS. Jurnal Manajemen & Teknik Sipil. All rights reserved.



Kuat tekan menjadi parameter untuk menentukan mutu dan kualitas beton yang ditentukan oleh agregat, perbandingan semen, dan perbandingan jumlah air. [22][23] Pembuatan beton akan berhasil jika dalam pencapaian kuat tekan beton telah sesuai dengan yang sudah direncanakan dalam *mix design* [24], [25].

3. Metodologi Penelitian

Metode pelaksanaan untuk pekerjaan mix beton dengan penambahan abu ampas kopi meliputi:

1. Siapkan 2.23107 kg abu ampas kopi.
2. Siapkan agregat kasar dengan menggunakan saringan 1", ¾", ½" dan 3/8" total 52,4449 kg.
3. Siapkan agregat halus dengan melewati saringan 10, 16, 20 dan 30 hingga 34,9534 kg.
4. Siapkan semen Portland 12,421 kg.
5. Siapkan air untuk proses pelarutan dan pencampuran 10,9366 liter.
6. Proses pencampuran menggunakan Mixer Beton Mini.

Tabel 2. Perhitungan Rencana Campuran Beton

Abu Ampas Kopi	Kode Benda Uji	Jumlah Sampel	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	Airi (L)	Kopi (Kg)
0%	BT-N	2	4,13303	9,29613	13,1112	2,73416	-
4%	BT-K	2	4,13303	8,92428	13,1112	2,73416	0,37185
8%	BT-K	2	4,13303	8,55244	13,1112	2,73416	0,74369
12%	BT-K	2	4,13303	8,18059	13,1112	2,73416	1,11554
Jumlah		8	12,421	34,9534	52,4449	10,9366	2,23107

Sumber : Analisa Perhitungan

4. Hasil dan Diskusi

4.1 Hasil Penelitian Pengujian Material

Sebelum pelaksanaan pembuatan benda uji, dilakukan pengujian terhadap bahan – bahan terlebih dahulu. Data-data hasil pengujian akan disusun mulai dari pengujian bahan hingga pengujian akhir benda uji. Dari hasil pengujian tersebut akan dilanjutkan dengan analisis mengenai hasil pengujian tersebut.

4.2 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian terhadap agregat halus yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian kadar air, kadar lumpur, berat jenis dan penyerapan, berat volume, modulus dan analisa saringan. Hasil-hasil pengujian tersebut disajikan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 3. Spesifikasi Hasil Agregat Halus

No	Karakteristik	Standar	Hasil Uji	Keterangan
1	Kadar Air	2% - 5%	4,30%	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	Maks 5%	1,40%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Lepas	1.6 - 1.9 kg/liter	1,62	Memenuhi
	b. Padat	1.6 - 1.9 kg/liter	1,73	Memenuhi
4	Absropsi	Maks 2%	0,6	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Berat jenis Curah	1.6 - 3.3	2,82	Memenuhi
	b. Berat jenis Kering Permukaan	1.6 - 3.4	2,84	Memenuhi
	c. Berat jenis Semu	1.6 - 3.8	2,87	Memenuhi
6	Modulus Halus Butir	1.5 - 3.8	3,43	Memenuhi

Sumber : Analisa Perhitungan

4.3 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian terhadap agregat kasar yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian kadar air, kadar lumpur, berat jenis dan penyerapan, berat volume, keauan dan analisa saringan. Hasil-hasil pengujian tersebut disajikan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 4. Spesifikasi Hasil Agregat Kasar

No	Karakteristik	Standar	Hasil Uji	Keterangan
1	Kadar Air	0.5% - 2%	1,41%	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	0.2% - 1%	0,40%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Lepas	1.4 - 1.9 kg/liter	1,45	Memenuhi
	b. Padat	1.4 - 1.9 kg/liter	1,59	Memenuhi
4	Absropsi	Maks 3%	2,91	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Berat Jenis Curah	1.6 - 3.3	2,40	Memenuhi
	b. Berat Jenis Kering Permukaan	1.6 - 3.3	2,47	Memenuhi
	c. Berat Jenis Semu	1.6 - 3.3	2,58	Memenuhi
6	Abrasi	Maks Keausan 40%	29,14%	Memenuhi

Sumber : Analisa Perhitungan

4.4 Hasil Hitungan Rencana Campuran Beton

Pada penelitian ini digunakan *mix design* metode *Development of Environment* (DOE) untuk komposisi beton normal, sedangkan untuk beton ringan abu ampas kopi, penambahan abu ampas kopi dilakukan sesuai variasi yang telah ditentukan.

Tabel 5. Perhitungan Rencana Campuran Beton

Variasi Zat Additive	Kode Benda Uji	Jumlah Sampel	Semen Kg	Pasir Kg	Kerikil Kg	Air L	Kopi
0%	BT-N	2	5,17	11,62	16,39	3,42	-
4%	BT-K	2	5,17	11,41	16,39	3,42	0,21
8%	BT-K	2	5,17	11,21	16,39	3,42	0,41
12%	BT-K	2	5,17	11,00	16,39	3,42	0,62
Jumlah		8	20,67	45,24	65,56	13,67	1,24

Sumber : Analisa Perhitungan

4.5 Hasil Pengujian Nilai Slump

Nilai slump adalah indeks untuk mengukur tingkat kelecakan beton segar yang juga merupakan ukuran mudah tidaknya suatu adukan beton untuk dikerjakan. Semakin tinggi nilai slump maka semakin mudah beton untuk dikerjakan tapi kuat tekan akan semakin turun. Pada penelitian ini direncanakan nilai slump 7,5 - 15,2 cm.

Tabel 6. Hasil Pengujian Nilai Slump

Variasi Zat Additive	Kode Benda Uji	Slump (cm)
0%	BT-N	1
4%	BT-AK4	2,5
8%	BT-AK8	0,5
12%	BT-AK12	2,5

Sumber : Analisa Perhitungan

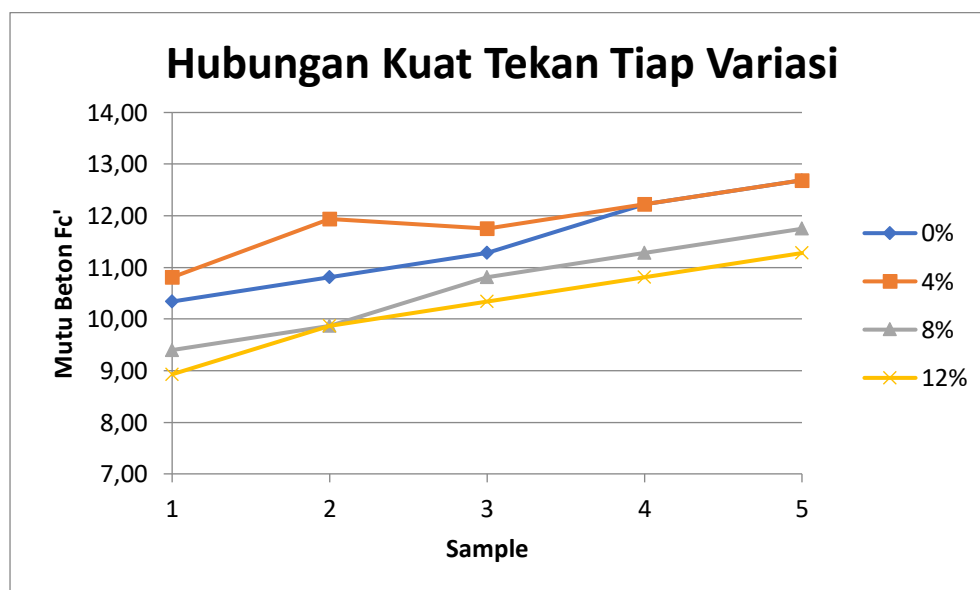
4.6 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Analisa Data

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat pada benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur. Untuk standar pengujian kuat tekan digunakan SNI 03- 6805 – 2002 dan ASTM C 39/C 39M-04a.

Tabel 7. Kuat Tekan Beton Normal dan Beton Abu Ampas Kopi

Prosentase	Kode Benda Uji	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Rata-rata (Mpa)
0%	BT-N	10,81	9,87
		10,34	
		12,69	
		12,22	
		10,81	
4%	BT-AK4	10,81	10,51
		11,94	
		11,75	
		12,22	
		12,69	
8%	BT-AK8	9,40	8,39
		9,87	
		10,81	
		11,28	
		11,75	
12%	BT-AK12	9,87	7,56
		10,34	
		10,81	
		8,93	
		11,28	

Sumber : Analisa Perhitungan



Sumber : Analisa Perhitungan

Gambar 2. Hubungan Kuat Tekan Tiap Variasi

Modifikasi Beton Fc 9,8 Mpa Menggunakan Abu Ampas Kopi

<http://dx.doi.org/10.30737/jurmateks>

© 2020 JURMATEKS. Jurnal Manajemen & Teknik Sipil. All rights reserved.

4.7 Hasil Pengujian Daya Serap

Pengujian daya serap beton adalah kemampuan bahan dalam menyerap air. Daya serap air tinggi akan berpengaruh pada pemasangan paving beton berpori dan adukan karena air pada adukan di resap oleh abu ampas kopi. Sehingga daya resap yang tinggi disebabkan oleh besarnya kadar pori. Untuk mengetahui seberapa cepat beton tersebut dapat menyerap air maka dilakukan pengujian ketika beton dalam keadaan kering lalu direndam dengan melihat penyerapan air pada waktu periode tertentu seperti pada waktu 28 hari.

Tabel 8. Tabel Daya Serap Beton Abu Ampas Kopi

Benda Uji	Berat Waktu Perendaman (kg)		Daya Serap (kg)
	Berat Basah	Berat Kering	
Beton Normal	6,67	6,32	0,32
Beton Ampas Kopi 4%	4,51	4,26	0,25
Beton Ampas Kopi 8%	4,26	4,11	0,15
Beton Ampas Kopi 12%	4,14	3,81	0,33

Sumber : Analisa Perhitungan

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian material, pembuatan benda uji, pengujian slump, pengujian kuat tekan, daya serap dan perhitungan maka dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Hasil pengujian Slump didapatkan nilai rata-rata kelecakan beton abu ampas kopi segar dengan persentase 4%,8%,12% yaitu 2,5cm , 0,5cm dan 2,5 cm.
2. Hasil Pengujian Kuat Tekan beton dengan penggantian sebagian semen dengan limbah abu ampas kopi pada umur beton 28 hari memiliki rata-rata yang berbeda, untuk nilai kuat tekan beton dengan campuran semen abu ampas kopi hanya mencapai 7,56 Mpa dengan nilai kuat tekan tertinggi mencapai 10,51 Mpa .
3. Hasil pengujian Daya Serap didapatkan nilai rata-rata penyerapan air dalam waktu 28 hari sebesar 0,32kg, 0,25kg, 0,15kg dan 33kg.

5.2 Saran

Untuk penyempurnaan hasil serta pengembangan penelitian lebih lanjut, maka penulis menyarankan bahwa sebaiknya perlu adanya penelitian mengenai variasi suhu pembakaran ampas kopi untuk memperoleh suhu pembakaran yang menghasilkan abu ampas kopi dengan kandungan silikat yang lebih reaktif. Kemudian perlu dilakukan analisa ulang dalam penambahan persentase abu ampas kopi untuk mendapatkan hasil kuat tekan beton yang sesuai dengan kebutuhan penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] H. Meilanda, "Pemanfaatan Serat Cangkang Kulit Kopi dalam Pembuatan Beton Polimer dengan Resin Polyester sebagai Perekat," *Repos. USU*, 2018.
- [2] A. Maghfirah, E. Marlianto, and M. Iskandar, "PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF POLYMER CONCRETE USING PUMICE AGGREGATE AND COFFEE HUSK FIBER AS A FILLER," *J. Ilmu Fis. dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–10, 2018.
- [3] A. Ratnaningsih, R. Endah Badriani, and S. Arifin, "Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi Sebagai Agregat Campuran Beton Ringan Material Wall/Flooring," *Repos. Unej*, 2014.
- [4] Rudiatmoko, "Perancangan Struktur Gedung Beton Bertulang Menggunakan Sistem rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)," *J. Ilm. Elektron. Infrastruktur Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 5–53, 2012.
- [5] Y. R. Alkhaly and M. Syahfitri, "Studi Eksperimen Penggunaan Abu Ampas Kopi Sebagai Material Pengganti Parsial Semen Pada Pembuatan Beton," *Teras J.*, vol. 6, no. 2, p. 101, 2017, doi: 10.29103/tj.v6i2.100.
- [6] S. Batubara and L. Simatupang, "Perencanaan Jembatan Beton Prategang Dengan Bentang 24 Meter Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI)," *J. Rekayasa Konstr. Mek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 45–61, 2018.
- [7] A. I. Candra, E. Gardjito, Y. Cahyo, and G. A. Prasetyo, "Pemanfaatan Limbah Puntung Rokok Filter Sebagai Bahan Campuran Beton Ringan Berpori," *UKaRsT*, vol. 3, no. 1, p. 82, 2019, doi: 10.30737/ukarst.v3i1.365.
- [8] Y. R. Alkhaly and M. Syahfitri, "STUDI EKSPERIMEN PENGGUNAAN ABU AMPAS KOPI SEBAGAI MATERIAL PENGGANTI PARSIAL SEMEN PADA PEMBUATAN BETON," *Teras J.*, vol. 6, no. 2, pp. 101–110, 2016.
- [9] S. Kasus, P. Proyek, and P. Sabo, "KAJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN PERBANDINGAN VOLUME DAN PERBANDINGAN BERAT UNTUK PRODUKSI BETON MASSA MENGGUNAKAN AGREGAT KASAR BATU PECAH MERAPI (STUDI KASUS PADA PROYEK PEMBANGUNAN SABO DAM)," *ePrints UNY*, 2015.
- [10] Putra Agung Fadhilah, "Karakteristik Beton Ringan dengan Bahan Pengisi Styrofoam," *Univ. Hasanuddin Makassar*, 2015.

- [11] S. Zhang, P. He, and L. Niu, "Mechanical properties and permeability of fiber-reinforced concrete with recycled aggregate made from waste clay brick," *J. Clean. Prod.*, vol. 268, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121690.
- [12] M. D. J. Sumajouw, S. O. Dapas, and R. S. Windah, "Pengujian Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi," *J. Ilm. Media Eng.*, vol. 4, no. 4, pp. 215–218, 2014.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, "Sni 03 – 1971 – 1990," *Badan Standar Nas. Indones.*, 1990.
- [14] D. H. Prayogo, A. Ridwan, and S. Winarto, "PEMANFAATAN LIMBAH GYPSUM BOARD DAN BATU BATA MERAH UNTUK SUBSTITUSI SEMEN PADA PEMBUATAN BETON," *Jurmateks*, vol. 2, no. 2, pp. 333–342, 2019.
- [15] F. Shabiru, "PENGUNAAN ABU AMPAS KOPI ROBUSTA SIDIKALANG SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON," *Repos. Unimed*, 2019.
- [16] C. W. Kusuma, "Pengaruh Variasi Penambahan Serbuk Alumunium Terhadap Kuat Tekan Beton Non Pasir Dengan Bahan Tambah Serbuk Gypsum," *Electron. Theses anda Diss. UMS*, 2017, doi: 10.1080/15226510701603858.
- [17] R. Ajiono and H. Praktiko, "STABILITAS STRUKTUR TANAH JENIS EKSPANSIF MENGGUNAKAN KOMBINASI ABU DAUN," *UkaRsT*, vol. 3, no. 2, pp. 13–21, 2019.
- [18] Krisnamurti, "Pengaruh Prosentase Penambahan Accelerator Terhadap Kuat Tekan Beton Normal," *Repos. Unej*, 2016.
- [19] L. Bruno, "Definisi Klasifikasi Jalan," in *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9, Intergovernmental Panel on Climate Change, Ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2019, pp. 1–30.
- [20] J. Oliver, "Improved docking of polypeptides with Glide," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 7, pp. 1689–1699, 2013, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [21] J. Xie, H. Zhang, L. Duan, Y. Yang, J. Yan, and D. Shan, "Effect of nano metakaolin on compressive strength of recycled concrete," *Constr. Build. Mater.*, vol. 256, 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119393.

- [22] A. M. López, P. Fco, M. Sosa, J. Luis, and B. Senach, “Experimental study of shear strength in continuous reinforced concrete beams with and without shear reinforcement,” *Eng. Struct.*, vol. 220, 2020, doi: 10.1016/j.engstruct.2020.110967.
- [23] Pusjatan-Balitbang PU, “SNI 03-2834-1993,” *Badan Standar Nas. Indones.*, 1993.
- [24] F. V. Supit, R. Pandaleke, and S. O. Dapas, “Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Variasi Agregat Yang Berasal Dari Beberapa Tempat Di Sulawesi Utara,” *J. Ilm. Media Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 476–484, 2016.
- [25] K. D. Kurniawan, A. Ridwan, and Y. Cahyo, “Uji Kuat Tekan dan Absorsi pada Beton Ringan dengan Penambahan Limbah Bata Ringan dan Bubuk Talek,” *Jurmateks*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11, 2020.