

ANALISIS PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN PASIR SEMERU LUMAJANG DAN PASIR KEDIRI

Mohammad Bayu Adi Segara^{1*}, Candra Aditya², Muhammad Cakrawala³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

*Email Korespondensi: bayusegara1616@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan Industri konstruksi di Indonesia cukup pesat, dimana hampir semua bangunan konstruksi menggunakan beton sebagai bahan utama. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui cara pemilihan pasir yang berkualitas dan membandingkan kuat tekan dan modulus elastisitas pada pasir Lumajang dan Kediri. Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Metode eksperimental pada penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan beton dari Pasir Lumajang dan beton dari Pasir Kediri. Pengujian ini menggunakan alat uji tekan dan alat uji modulus elastisitas untuk mengetahui batas nilai maksimal dari beton tersebut. Hasil dari penelitian ini adalah uji kuat tekan beton Pasir Kediri lebih unggul dari pada Pasir Lumajang karena Pasir Kediri memiliki nilai slump tertinggi dari pada Pasir Lumajang.

Kata kunci : Beton, Kuat Tekan, Modulus Elastisitas, Pasir Kediri dan Pasir Lumajang.

ABSTRACT

The development of the construction industry in Indonesia is quite rapid, where almost all construction buildings use concrete as the main material. The purpose of this study is to determine how to select quality sand and compare compressive strength and modulus of elasticity in Lumajang and Kediri sand. This research method uses experimental methods. The experimental method in this study was carried out by comparing concrete from Pasir Lumajang and concrete from Pasir Kediri. This test uses compressive testing equipment and elasticity modulus test equipment to determine the maximum value limit of the concrete. The result of this study is that the compressive strength test of Kediri Sand concrete is superior to Lumajang Sand because Kediri Sand has the highest slump value than Lumajang Sand.

Keywords: Concrete, Compressive Strength, Modulus of Elasticity, Kediri Sand and Lumajang Sand

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri konstruksi di Indonesia cukup pesat, dimana hampir semua bangunan konstruksi menggunakan beton sebagai bahan utama. Indonesia merupakan negara dengan jumlah gunung dan sungai yang sangat banyak, dan juga kaya akan sumber daya alamnya [1]. Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, dan lainnya yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu masa yaitu beton. Beton merupakan salah satu unsur penting sebagai elemen pembentuk struktur, hal ini dikarenakan beton mempunyai kelebihan yaitu memiliki kekuatan yang tinggi [2]. Bahan pokok penyusun beton antara lain semen, air, pasir dan batu [3]. Bahan air dan semen disatukan akan membentuk pasta semen, dan berfungsi sebagai bahan pengisi. Saat ini telah dilakukan berbagai inovasi untuk mencari material alternatif untuk pembuatan beton, salah satunya dengan mencari agregat halus yang efisien dan memiliki kuat tekan yang optimal. Dimana dalam penelitian ini menggunakan dua agregat halus yaitu pasir Lumajang dan pasir Kediri [4]. Peneliti akan membandingkan kualitas agregat halus dari Kediri dengan Lumajang. Oleh karena itu, dalam penelitian ini tentang “Perbandingan Kuat Tekan Beton Terhadap Pasir Lumajang Dengan Pasir Kediri”. Dimana dalam pemanfaatannya diharapkan dapat menemukan hasil kuat beton yang baik dan menemukan agregat halus Kediri yang mempunyai daya lekat tinggi. Dengan adanya penelitian ini, penulis diharapkan dapat memberikan perbandingan penelitian yang bermanfaat bagi masyarakat, kemudian dapat diterapkan dan teliti lagi lebih lanjut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Beton

Dalam SNI 03-2847-2002, beton merupakan campuran antara semen Portland atau semen hidrolik, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Agregat ringan merupakan agregat yang dalam keadaan kering dan gembur mempunyai berat isi sebesar $\leq 1100 \text{ kg/m}^3$ [5]. Secara structural pertimbangan penggunaan agregat ringan didasarkan atas berat volume atau kepadatan dari beton yang terbentuk dimana akan lebih dibandingkan menggunakan agregat normal [2].

2.2 Kelebihan Beton

Beton seperti batu karang yang berkekuatan tinggi. Dalam keadaan segar beton dapat diberi bermacam bentuk sehingga dapat digunakan untuk membentuk suatu seni arsitektur atau semata-mata untuk tujuan dekoratif. Beton juga dapat memberikan hasil akhir yang bagus jika dalam pengolahan akhir dilakukan dengan cara khusus. Beton selain tahan terhadap api, beton juga tahan terhadap korosi [6].

2.3 Material Penyusun Beton

Beton adalah salah satu bahan konstruksi yang paling serbaguna dan banyak diproduksi di dunia [7]. Produksi tahunannya di seluruh dunia melebihi 12 miliar metrik ton, yaitu lebih dari dua metrik ton beton diproduksi setiap tahun untuk setiap orang di bumi pada tahun 2007. Pada populasi yang terus meningkat, standar hidup, dan pembangunan ekonomi menyebabkan peningkatan permintaan pembangunan infrastruktur dan karenanya bahan beton [2].

2.4 Pemilihan Pasir Berkualitas

Pasir adalah salah satu material yang menjadi bahan dasar pembuatan struktur beton. Pasir berperan penting sebagai agregat halus yang mengisi adukan beton tersebut. Sebenarnya ada pula jenis beton yang sama sekali tidak menggunakan pasir [8]. Tapi pada umumnya adukan beton maupun adukan semen memakai pasir. Pasir pun menjadi begitu penting. Ketika membeli pasir, Anda tentu menginginkan pasir yang berkualitas bagus. Semakin tinggi mutu pasir yang digunakan, maka semakin kuat pula struktur beton yang dihasilkannya [4].

2.5 Agregat

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya [9]. Agregat untuk beton adalah butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dengan ukuran butiran antara 0,063 mm – 150 mm. Agregat menurut asalnya dapat dibagi dua yaitu agregat alami yang diperoleh dari sungai dan agregat buatan yang diperoleh dari sungai dan agregat buatan yang diperoleh dari batu pecah [10].

2.6 Agregat Kasar

Agregat kasar memiliki butiran tajam, kuat dan keras. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca [11]. Sifat kekal di ketahui apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:

- 1) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%
- 2) Jika dipakai Magnesium sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%

Fraksi agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan saringan no.4 (4,75 mm) dan haruslah bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi persyaratan. Agregat kasar ini menjadikan perkerasan lebih stabil dan mempunyai ketahanan terhadap slip (slip resistance) yang tinggi sehingga menjamin keamanan lalu lintas [12].

Tabel 2. Gradasi agregat kasar [13]

Ukuran ayakan (mm)	Pemisahan ukuran
	Persen (%) berat yang lewat masing-masing ayakan
25	100
19	90 – 100
9,5	20 – 55
4,75	0 – 10
2,36	0 – 5

2.7 Agregat Halus (Pasir)

Agregat yang melewati saringan No. 4 (4,75 mm) dan sebagian besar dipertahankan pada saringan No. 200 (75 μ m) diklasifikasikan sebagai agregat halus [14]. Pasir sungai adalah agregat halus yang paling umum digunakan. Selain itu, denda batu yang dihancurkan dapat digunakan sebagai agregat halus. Namun, akhir beton dengan denda batu yang dihancurkan tidak baik seperti itu dengan pasir sungai [6].

Tabel 3. Zona gradasi agregat halus [15]

Lubang ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

Zona I : Pasir kasar

Zona III : Pasir halus

Zona II : Pasir agak kasar

Zona IV : Pasir agak halus

2.8 Pasir yang Berkualitas

Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1990-03 Kekasaran agregat halus (pasir) dibagi menjadi empat kelompok sesuai menurut gradasinya, yaitu agregat halus, agak halus, agak kasar, dan kasar [15], [16]. Pasir yang dapat digunakan dalam adukan beton harus memenuhi persyaratan diantaranya sebagai berikut:

- 1) Pasir halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
- 2) Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir. Apabila kadar lumpur melebihi dari 5% maka pasir sebelum dibuat dalam campuran pembuatan beton harus dicuci terlebih dahulu.

2.9 Definisi Semen Portland

Pemilihan jenis dan sumber semen yang tepat merupakan salah satu langkah terpenting dalam produksi beton [17]. ASTM C 917 mungkin berguna dalam mempertimbangkan sumber semen. Variasi dalam komposisi kimia dan sifat fisik semen mempengaruhi kuat tekan beton lebih dari variasi bahan tunggal lainnya [2]. Untuk setiap set bahan tertentu, terdapat kandungan semen yang optimal di mana hanya sedikit atau tidak ada peningkatan kekuatan tambahan yang dicapai dari peningkatan kandungan semen [6].

2.10 Senyawa Kimia

Semen Portland memiliki beberapa senyawa kimia yang masing-masing memiliki sifat yang berbeda beda [18]. Empat senyawa kimia yang utama dari semen Portland antara lain Trikalsium Silikat (C3S), Dikalsium Silikat (C2S), Trikalsium Aluminat (C3A), Tertakalsium Aluminoferrit (C4AF). Dari senyawa kimia semen Portland tersebut ditampilkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Empat Senyawa Kimia Dalam Semen Portland [19]

No	Nama Oksida Utama	Rumus Empiris	Rumus Oksida	Notasi Pendek	Kadar Rata-rata
1	Trikalsium Silikat	Ca_3SiO_5	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	50
2	Dikalsium Silikat	Ca_2SiO_4	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	25
3	Trikalsium Aluminat	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	12
4	Tetrakalsium Aluminoferrit	$2\text{Ca}_2\text{AlFeO}_5$	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	8

Senyawa-senyawa kimia dari semen Portland adalah tidak stabil secara termodinamis, sehingga sangat cenderung untuk bereaksi dengan air.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Metode eksperimental pada penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan beton dari pasir Lumajang dengan pasir Kediri. Sebagai kontrol dengan beton yang akan di eksperimen. Beton tersebut akan diuji dengan pengujian kuat tekan beton.

3.2 Objek Penelitian

Metode Penelitian yang dilakukan ini adalah dengan pembuatan benda uji silinder 15 x 30 cm. Proses pembuatan beton dalam penelitian ini membutuhkan data atau informasi yang mendukung, jumlah 10 buah kemudian diuji kuat tekan dan modulus elastisitasnya.

3.3 Waktu & Tempat Penelitian

Insyallah penelitian akan di lakukan pada Juli – Agustus 2021 dan akan diuji di Laboratorium Universitas Widyagama Malang yang meliputi pengujian material, mix design, uji slump, pengujian kuat tekan beton, dan modulus elastisitasnya.

**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian Universitas Widyagama Malang

3.4 Sampel & Populasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. MPa. Beton mengalami variasi pasir yang berbeda dari mix design pasir Lumajang, pasir Kediri, dan pasir masing-masing dari kedua pasir tersebut. Umur pengujian akan dilakukan pada beton umur 1, 3, 7, 14, dan 28 hari. Untuk campuran normal yaitu 1 : 2 : 3, 1 untuk semen, 2 untuk pasir dan 3 untuk kerikil.

Tabel 5. Populasi Penelitian

No	Komposisi	Uji Kuat Tekan Beton		Modulus Elastisitas	
		Lumajang	Kediri	Lumajang	Kediri
1	1 : 2 : 3	5	5	5	5

3.5 Pengujian Kuat Tekan dan Elastisitas

Untuk mengetahui hasil kuat tekan benda uji yang telah dibuat dilakukan pengujian terhadap benda uji untuk mengetahui nilai kuat tekan beton, Adapun beberapa prosedur dalam pengujian kuat tekan beton sebagai berikut :

- 1) Mengambil benda uji yang akan diuji pada umur waktu itu dari tempat perawatan benda uji.
- 2) Memindahkan benda uji kedalam ruang laboratorium.
- 3) Menimbang berat benda uji, dan mengukur tinggi benda uji.
- 4) Melakukan caping pada benda uji.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Penelitian ini merupakan studi eksperimen, yang dalam pelaksanaannya eksperimen ini dilaksanakan dan menggunakan bahan material serta peralatan yang ada di Laboratorium Universitas Widyagama Malang. Seluruh tahap pekerjaan yang direncanakan pada penelitian ini telah selesai dilaksanakan. Pekerjaan penelitian ini dimulai dari tahap komposisi bahan, pengujian material, persiapan bahan dan material, pembuatan benda uji, sampai dengan pengujian kuat tekan beton dan modulus, dan dapat dilakukan tanpa menemui kesulitan yang berarti.

4.2 Proses Pemilihan Pasir Yang Berkualitas

Pada tahap pemilihan agregat halus ini, harus memilih agregat halus yang baik dan berkualitas. Caranya yaitu menguji kandungan lumpur yang ada pada masing-masing varian pasir Lumajang dan Kediri, dan harus kurang dari 3% dari berat atau 12% dari volume, memiliki warna hitam pekat dan mempunyai tekstur kasar.

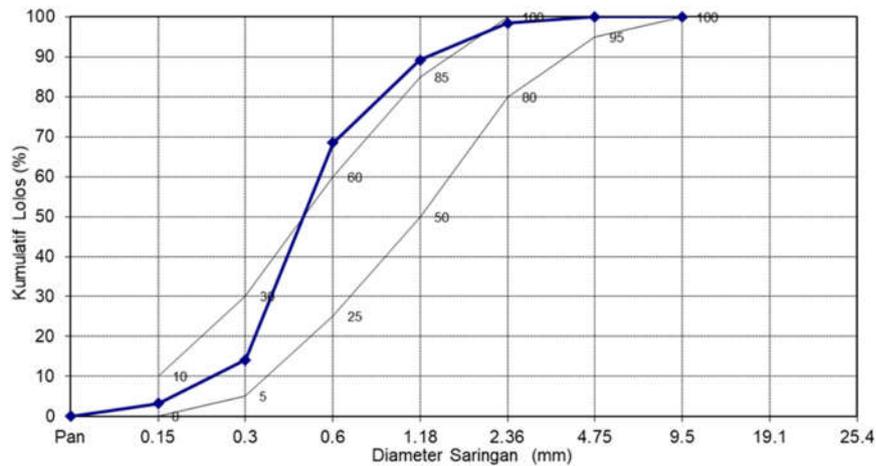
4.3 Pengujian Agregat Halus

Agregat halus pada campuran beton sangat berperan penting sebagai bahan pengisi yang tidak bisa diisi oleh agregat kasar. Pada pengujian agregat halus (pasir) yang digunakan berasal dari Gunung Semeru yaitu pasir Lumajang, pasir Kediri dari Gunung Kelud. Pengujian yang dilakukan meliputi kadar air, kadar lumpur, berat jenis (specific gravity) dan penyerapan, bobot isi, dan gradasi agregat halus.

Tabel 6. Hasil Pengujian Agregat Halus (Pasir Lumajang)

Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi	Standart	Ket.
Kadar Air	%	0.08	1 - 5	SNI 03-1971-1990	OK
Berat jenis SSD	-	2.62	2.5 - 2.7	SNI 03-1971-1990	OK
Berat jenis	-	2.65	2.5 - 2.7	SNI 03-1971-1990	OK
Penyerapan	%	0.75	1 - 2	SK SNI 2417-1998	OK
Berat Isi Gembur	gr/cm ³	1.57	1.4 - 1.9	SNI 1970-2008	OK
Berat Isi Padat	gr/cm ³	1.79	1.4 - 1.9	SNI 1970-2008	OK
Kadar Lumpur	%	0.78	0.2 - 6	SNI S - 04 - 1989 - F	OK

Sumber : Hasil Analisis



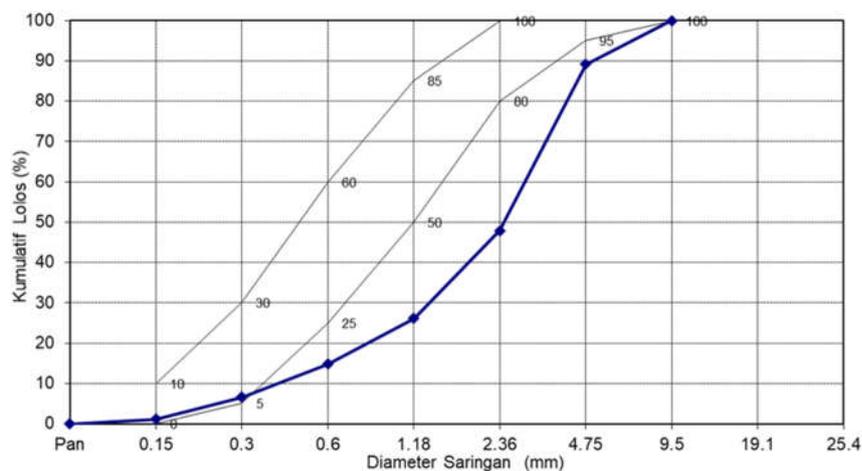
Sumber : Hasil Analisis

Gambar 2. Grafik gradasi agregat halus pasir lumajang

Berdasarkan hasil pengujian susunan gradasi agregat halus (pasir Lumajang) yang ada pada tabel Tabel 6 diatas dapat diambil kesimpulan bahwa pasir Lumajang memenuhi persyaratan dan dapat digunakan untuk campuran perencanaan pembuatan beton.

Tabel 7. Hasil Pengujian Agregat Halus (Kediri)

Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi	Standart	Ket.
Kadar Air	%	4.19	1 - 5	SNI 03-1971-1990	OK
Berat jenis SSD	-	2.45	2.5 - 2.7	SNI 03-1971-1990	OK
Berat jenis	-	2.72	2.5 - 2.7	SNI 03-1971-1990	OK
Penyerapan	%	6.84	1 - 2	SNI 1970-2008	NO
Berat Isi Gembur	gr/cm ³	1.59	1.4 - 1.9	SNI 1970-2008	OK
Berat Isi Padat	gr/cm ³	1.76	1.4 - 1.9	SNI 1970-2008	OK
Kadar Lumpur	%	2.75	0.2 - 6	SNI S - 04 - 1989 - F	OK



Sumber : Hasil Analisis

Gambar 3. Grafik gradasi agregat halus pasir Kediri

4.4 Analisis Takaran Campuran

Setelah pengujian bahan material selesai dilakukan dan analisis karakteristik bahan-bahan tersebut, selanjutnya dilakukan proses perencanaan campuran beton. Dalam perencanaan ini berguna untuk menentukan proporsi atau komposisi bahan campuran beton yang akan dibuat.

Tabel 8. Komposisi Takaran Bahan

No	Material	Satuan	Takaran bahan
1	Semen	kg	6.705
2	Pasir Lumajang	kg	7.714
3	Pasir Kediri	kg	7.714
4	Krikil/Split	kg	7.344
5	Air	liter	5
6	Takaran	kg	1.742

Sumber : Hasil Analisa

4.5 Proses pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji dalam penelitian ini dilakukan dengan cara pengadukan mixer, benda uji beton setiap variasi menggunakan komposisi yang sama, akan tetapi dibuat perbedaan pada variasi pasir yang berbeda. Alasan penelitian ini menggunakan variasi pasir yang berbeda adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan kekuatan beton yang diakibatkan menggunakan variasi pasir dari daerah Lumajang dan Kediri.

4.6 Nilai Slump dan Kemudahan Pengerjaan (Workability)

Kemudahan pengerjaan (workability) dapat dilihat dari nilai slump yang terjadi pada adukan beton segar. Dikarenakan dalam nilai slump terdapat parameter workability, yang artinya semakin tinggi nilai slump maka semakin mudah dalam proses pengerjaan beton (workability). Dalam pembuatan beton pada umumnya menggunakan fas yang rendah, artinya air yang digunakan adalah dengan jumlah yang sedikit, sehingga nilai slump rendah. Dalam penelitian ini nilai slump yang di harapkan berkisar 5 - 12 cm, karena beton harus dengan jumlah air 4 – 5.5 liter.

5. KESIMPULAN

Dengan komposisi yang sama dengan penggunaan variasi pasir yang berbeda didapatkan bahwa slump terendah didapatkan pada pasir Lumajang (5.5 cm) sedangkan nilai slump tertinggi didapatkan pada pasir Kediri (6 cm). Dengan komposisi yang sama dengan penggunaan variasi pasir yang berbeda didapatkan bahwa nilai kuat tekan umur 28 hari tertinggi pada penggunaan pasir Kediri sebesar (15.56 MPa), dan kekuatan terendah didapatkan pada penggunaan pasir Lumajang sebesar (14.04 MPa). Jadi untuk kuat tekan beton pasir Kediri lebih unggul dari pada pasir Lumajang

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Souisa, "Analisis Modulus Elastisitas dan Angka Poisson Bahan Dengan Uji Tarik," *BAREKENG J. Ilmu Mat. dan Terap.*, vol. 5, no. 2, hal. 9–14, 2011.
- [2] R. Manuahe, M. D. J. Sumajouw, dan R. S. Windah, "Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash)," *J. Sipil Statik*, vol. 2, no. 6, 2014.
- [3] Gunanto, "Tinjauan Kuat Tekan, Kuat Tarik Dan Kuat Lentur Batako Dengan Menambahkan Limbah Pecahan Genteng Pada Campuran Batako," Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.
- [4] A. Widodo dan M. A. Basith, "Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serat Rooving Pada Beton Non Pasir," *J. Tek. Sipil Dan Perenc.*, vol. 19, no. 2, hal. 115–120, 2017.
- [5] S. N. Indonesia, "SNI-03-2847-2002-Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung," *Jakarta Badan Standar Nas.*, 2002.

- [6] S. Sumiati dan S. Sukarman, "Pengaruh Gradasi Agregat Terhadap Nilai Karakteristik Aspal Beton (AC-BC)," *PILAR*, vol. 10, no. 1, 2014.
- [7] F. Zulkarnain dan B. Kamil, "Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Sungai sebagai Agregat Halus Dengan Variasi Bahan Tambah Sica Fume Pada Perendaman Air Laut," in *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 2021, vol. 2021.
- [8] M. Mawardi, "The Influence Of Surface Crudity Of Coarse Aggregate To Concrete Strength," *Teknosia*, vol. 2, no. 12, hal. 64–72, 2013.
- [9] E. Hunggurami, M. E. Bolla, dan P. Messakh, "Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656: 2012," *J. Tek. Sipil*, vol. 6, no. 2, hal. 165–172, 2017.
- [10] Y. Setyanto, "Studi Banding Metode Rancang Campur Beton SK. SNI-1990-03 dan ACI 318," 2011.
- [11] E. Handayani dan F. Veronata, "Analisis dan Identifikasi Sisa Material Konstruksi pada Pekerjaan Beton (Studi Kasus pada pekerjaan Pembangunan Pasar Rakyat Talang Banjar)," *J. Ilm. Univ. Batanghari Jambi*, vol. 19, no. 2, hal. 383–386, 2019.
- [12] R. Foermansah dan S. T. Yenny Nurchasanah, "Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Serat Kawat Bendrat Berbentuk 'Z' sebagai Bahan Tambah." Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2013.
- [13] S. N. Indonesia, "Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa dengan Standar SNI 7656: 2012," *Jakarta, Badan Standarisasi Nas*, 2012.
- [14] R. I. Kusuma dan E. Mina, "Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Pasir Laut Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai CBR (California Bearing Ratio)(Studi Kasus: Jalan Desa Mangkualam Kecamatan Cimanggu–Kab. Pandeglang)," *Fondasi J. Tek. Sipil*, vol. 6, no. 2, 2017.
- [15] D. P. Umum, "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SK SNI T-15-1990-03)," *Yayasan Lemb. Penyelid. Masal. Bangunan. Indones.*, vol. 95, 1990.
- [16] D. Pertiwi, B. Wibowo, E. Kasiati, M. N. Triaswati, dan A. G. Sabban, "Perbandingan Penggunaan Pasir Lumajang dengan Pasir Gunung Merapi terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 9, no. 2, hal. 13–22, 2011.
- [17] D. Suhirkam, R. Marpaung, dan L. Flaviana, "Aspal Panas Jenis Ac–Wc Dengan Campuran Limbah Karbit Sebagai Fillter," *PILAR*, vol. 11, no. 1, 2015.
- [18] F. B. Malau, "Penelitian Kuat Tekan Dan Berat Jenis Mortar Untuk Dinding Panel Dengan Membandingkan Penggunaan Pasir Bangka Dan Pasir Baturaja Dengan Tambahan Foaming Agent Dan Silica Fume," *J. Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 2, no. 2, hal. 287–296, 2014.
- [19] P. Nugraha dan Antonie, "Teknologi Beton," *Penerbit CV Andi Offset, Yogyakarta*, 2007.