

# Studi Komparasi Beton Menggunakan Berbagai Merk Semen dengan Mutu Beton Struktural

Hilfi Harisan Ahmad<sup>1</sup>, Rofi Budi Hamduwibawa<sup>2</sup>, Muhammad Haykal Fiendyo<sup>3</sup>,  
Lala Arum Malatania<sup>4</sup>

Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jember, Jember<sup>1</sup>

Jalan Karimata 49 Jember, Jawa Timur

<sup>2</sup>E-mail: hilfiharisana@unmuhjember.ac.id

*Abstract — Development in the field of structures is currently experiencing very rapid progress, which is taking place in various fields, such as high-rise buildings, bridges, towers and others. Concrete is a material for making structures that is in demand because of its many advantages compared to other materials. Concrete quality, as an indicator of quality, is always a major concern during construction. It is hoped that this research can obtain concrete strength levels based on the use of materials available around the community in general. The concrete produced complies with applicable quality standards. parameters for using the Y cement, X cement and Z cement, the use of these cement brands is based on the fact that these three brands are in accordance with SNI 7064-2014 and these three cement brands have been widely circulated where the author lives and have been used by many groups, both for small and large jobs. big. The quality of concrete used in this research is K300 or f'c 24.9 MPa. The Fc' value limits used according to SNI 2847-2019 range from 17 MPa to 35 MPa. Concrete testing uses SNI 1974-2011 guidelines. the results achieved at 28 days of age ranged from 24.32 MPa to 30.83 MPa. The results of this research do not look for which brand is the best, the size of the value obtained is not proof that a particular brand always has good results, but many factors influence the value obtained. Further research is needed on the use of this brand of cement to get more varied results.*

*Keywords: development; concrete; cement; concrete quality.*

*Abstrak — Perkembangan di bidang struktur saat ini sedang mengalami kemajuan yang sangat pesat, yang mana terjadi di berbagai bidang, seperti gedung bertingkat, jembatan, menara dan lain-lain. Beton merupakan material untuk membuat struktur yang banyak diminati karena memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan material lainnya. Kualitas beton sebagai indikator mutu selalu menjadi perhatian utama saat pembangunan. Diharapkan dari penelitian ini dapat diperoleh tingkat kekuatan beton berdasarkan penggunaan material yang tersedia di sekitar masyarakat pada umumnya. Beton yang dihasilkan telah memenuhi standar mutu yang berlaku. Parameter penggunaan semen Y, semen X dan semen Z, penggunaan merk semen tersebut didasarkan pada kenyataan bahwa ketiga merk tersebut telah sesuai dengan SNI 7064-2014 dan ketiga merk semen tersebut telah beredar luas di tempat penulis tinggal dan telah digunakan oleh banyak kalangan, baik untuk pekerjaan kecil maupun besar. Mutu beton yang digunakan pada penelitian ini adalah K300 atau f'c 24,9 MPa. Batasan nilai Fc' yang digunakan menurut SNI 2847-2019 berkisar antara 17 MPa sampai dengan 35 MPa. Pengujian beton menggunakan pedoman SNI 1974-2011. hasil yang dicapai pada umur 28 hari berkisar antara 24,32 MPa sampai dengan 30,83 MPa. Hasil penelitian ini tidak mencari merk semen mana yang terbaik, besar kecilnya nilai yang diperoleh bukan merupakan bukti bahwa merk tertentu selalu memiliki hasil yang baik, tetapi banyak faktor yang mempengaruhi nilai yang diperoleh. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan merk semen ini agar mendapatkan hasil yang lebih bervariasi.*

*Kata-kata kunci: pengembangan; beton; semen; kualitas beton.*

## I. PENDAHULUAN

Pembangunan dibidang struktur dewasa ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, yang berlangsung diberbagai bidang, seperti gedung bertingkat, jembatan, menara dan lain nya, beton merupakan bahan pembuatan struktur yang diminati karena banyak kelebihannya dibandingkan dengan bahan lainnya. Inovasi pada teknologi beton selalu muncul akibat tuntutan perkembangan jaman dan kebutuhan yang semakin beragam, beton yang dihasilkan harus memiliki kualitas tinggi meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa mengurangi nilai ekonomis. (Fanto, et al., 2015). Seiring dengan kemajuan. jaman penggunaan beton sebagai bahan

konstruksi mengalami peningkatan seiring dengan peningkatannya pembangunan infrastruktur di Indonesia (Abdi, et al., 2019). Beton sebagai bahan konstruksi harus memenuhi syarat kekuatan(strenght), kemudahan pekerjaan (*workability*), keawetan (*durability*), kedap air (*impenetrability*) dan ekonomis (Sutanto, 2013). Beton merupakan fungsi dari bahan strukturnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*Portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture atau additive*) (Abundan, 2013). Berbagai macam campuran beton telah banyak digunakan di Indonesia, namun perbandingan yang paling umum digunakan adalah perbandingan 1 : 2: 3. Pada

umumnya tidak semua lapisan masyarakat paham akan cara pembuatan beton dengan baik. Bahan baku yang tersedia di masyarakat sebagian besar hanya bersifat umum, sehingga apabila masyarakat ingin membuat beton dihadapkan pada material yang lingkungannya terbatas. Kenyataan dilapangan bahwa kebanyakan masyarakat yang membuat beton berdasarkan rumus perbandingan 1:2:3, mengapa demikian, karena rumus perbandingan tersebut sudah tercetak disebagian kertas pembungkus semen. Penggunaan rumus perbandingan 1:2:3 tersebut memang dapat menghasilkan beton dengan baik, hal-hal yang menyebabkan beton menjadi kualitasnya jelek adalah pemilihan material, perlakuan material sebelum dilakukan pengecoran dan perlakuan beton pasca pengecoran. Mutu beton sebagai indikator kualitas, selalu menjadi perhatian utama saat pembangunan (Komala, et al., 2021). Pengecoran yang sering dilakukan masyarakat sendiri umumnya adalah pekerjaan ringan dan mudah, seperti pembuatan plat diatas saluran air, pembuatan rumah sederhana, dan lain sebagainya. Meskipun hanya pekerjaan sederhana tetapi sebenarnya standar dalam pekerjaan beton harus dilakukan seperti contoh apabila kerikil dalam kondisi kotor harus disiram terlebih dahulu agar mengurangi kadar lumpurnya. Agregat yang tidak bersih dapat mengurangi mutu beton 20-30% (Basri, et al., 2019). Diharapkan dengan penelitian ini dapat diperoleh tingkat kekuatan beton berdasarkan penggunaan material yang ada di sekitar masyarakat pada umumnya. Beton yang dihasilkan sesuai dengan standar mutu yang berlaku.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Kualitas beton dipengaruhi oleh kualitas agregat, dan sifat agregat akan bervariasi sesuai dengan kondisi geologi, geografis dan iklim. Agregat menyumbang 60-70% dari total volume beton, sehingga kualitas agregat sangat mempengaruhi kualitas beton. (Anton & Nugraha, 2007). Semakin kecil dimensi agregat kasar semakin besar nilai kuat tekannya. (Prasetyo & Widowati, 2006). Gradasi ideal memiliki sifat interlocking atau saling mengunci antar butiran agregat, sehingga nilai kuat tekan yang dihasilkan cenderung optimal (Mulyono, 2005). Suatu gradasi dikatakan halus apabila memiliki komposisi butiran halus yang besar. Begitu pula

sebaliknya, suatu gradasi dikatakan kasar apabila memiliki komposisi butiran kasar yang besar. Gradasi agregat gabungan adalah distribusi proporsi ukuran butiran gabungan antara agregat halus dan agregat kasar dalam suatu campuran beton (Hermanto & Prabowo, 2010). Gradasi agregat campuran diperoleh dari gabungan antara gradasi agregat halus dengan gradasi agregat kasar. Gradasi agregat halus adalah sama pada setiap variasi. Sedangkan pada agregat kasar digunakan gradasi yang berbeda-beda. Gradasi agregat kasar didapat dari grafik hubungan ukuran saringan dengan persen kelolosan agregat kasar (Hermanto & Prabowo, 2010). Agregat yang paling umum digunakan adalah pasir dan kerikil alami. Sungai masih merupakan sungai yang paling umum dan memuaskan karena sedimen ini memiliki kemiringan konstan sebagai kemampuan selektif sungai (Murdock & Brook, 1984). Proses awal terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dengan semen, selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus menjadi mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi beton (Abdi, et al., 2019).

Semen Portland merupakan komponen utama yang berfungsi bersama dengan air, untuk mengikat dan menyatukan agregat menjadi masa padat. Berbagai jenis semen Portland melalui pengaturan rancangan bahan dasar, telah dikembangkan dikaitkan dengan macam bangunan dan persyaratan lingkungan dimana beton akan digunakan. Sebagai upaya untuk menghemat biaya produksi, mengurangi eksploitasi alam akibat penambangan bahan baku semen serta untuk mengatasi permasalahan lingkungan, telah dikembangkan jenis semen Portland khusus, yaitu semen Portland komposit (PCC) (Komala, et al., 2021). Semen Portland komposit merupakan perekat hidrolis yang dihasilkan dari penggilingan bersama-sama klinker semen Portland. dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik. (SNI 7064:2004). Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen yang beredar di toko bangunan lingkungan tempat tinggal penulis. Salah satu contoh semen yang digunakan adalah semen singa merah. Penulis menggunakan mutu kuat tekan beton minimal K250 MPa. Selain kualitas agregat yang digunakan, faktor lain yang menentukan mutu beton tetap bagus adalah proses perawatan beton *pasca* pengecoran, yang biasa disebut dengan

*curing*. curing pada beton merupakan perlakuan pada beton setelah beton dicor dan dibuka cetakan untuk menjaga supaya beton tidak terlalu cepat kehilangan air, dengan kata lain sebagai tindakan menjaga kelembaban dan suhu pada beton, sehingga proses hidrasi dapat berjalan dengan sempurna dan dapat menghindari terjadinya retak pada permukaan beton. (Muryati & Arkis, 2020). Perawatan (*curing*) beton dapat dilakukan dengan beberapa metode sesuai dengan jenis dan kondisi elemen struktur yang akan dirawat. Elemen struktur diantaranya dapat berupa kolom, balok, dan pelat lantai. Perawatan beton di laboratorium dilakukan dengan merendam beton di dalam bak air, sedangkan perawatan beton di lapangan dilakukan dengan cara membungkus beton dengan plastik putih atau plastik hitam, membasahi permukaan beton dengan air, dan menutupi permukaan beton dengan karung goni basah. Pelaksanaan perawatan beton dilakukan setelah pembukaan bekisting, selama waktu tertentu yang dimaksudkan untuk memastikan terjaganya kondisi yang diperlukan untuk proses reaksi senyawa kimia yang terkandung dalam campuran beton. Secara umum di lapangan perawatan beton dilakukan sekitar 7 hari berturut-turut mulai hari kedua setelah pengecoran atau setelah cetakan di buka, sementara proses pengikatan dan pengerasan beton sepenuhnya terjadi pada umur beton 28 hari. Pengujian beton umumnya dilakukan pada usia 7, 14, 21, 28 hari dengan cara kuat tekan. Menurut (SNI 1974: 2011) pengujian kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton ( $f'_c$ ) dapat dihitung dengan rumus:

$$f'_c = P/A \quad \dots(1)$$

dengan:

$f'_c$  = kuat tekan beton ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ );

P = beban tekan (kg);

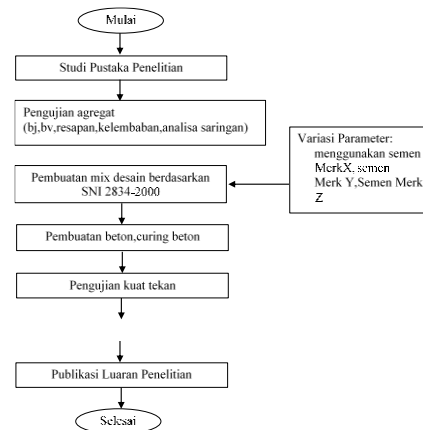
A = luas permukaan benda uji ( $\text{cm}^2$ ).

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya faktor air semen (FAS), workability, sifat dan jenis agregat, jenis campuran, serta perawatan dan umur beton. FAS adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton (Pah, et al., 2022). Faktor air semen sangat mempengaruhi kekuatan beton, FAS harus dihitung sehingga

campuran air dan semen menjadi pasta yang baik. Artinya, tidak kelebihan air dan tidak kelebihan semen. Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, maka kekuatan beton akan semakin rendah. Sifat dan jenis agregat juga mempengaruhi kuat tekan beton. Semakin tinggi tingkat kekerasan agregat yang digunakan, maka kuat tekan yang dihasilkan juga akan semakin tinggi. Selain itu, susunan gradasi butiran agregat yang baik dan ketidak seragaman butiran agregat dapat memperkecil rongga antara agregat sehingga menghasilkan beton yang padat dan kuat tekan yang tinggi. Beton yang dihasilkan perlu mendapatkan perawatan dengan tujuan memperoleh proses hidrasi yang sempurna. Kuat tekan beton meningkat seiring bertambahnya umur beton, kekuatan beton dianggap dapat mencapai 100% setelah berumur 28 hari. (Basri, et al., 2019).

### III. METODE

Penelitian yang dilakukan menggunakan diagram alir pada gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pada gambar 1 tentang diagram alir di atas disebutkan bahwa variasi parameter menggunakan semen produksi Sumatera Barat yang disebut semen merk X, semen produksi Kabupaten Jember yang disebut dengan semen merk Y dan semen produksi Sulawesi yang disebut dengan semen merk Z, penggunaan merk semen tersebut didasarkan bahwa ketiga merk tersebut telah sesuai dengan SNI 7064-2014 dan ketiga merk semen tersebut telah beredar luas ditempat tinggal penulis serta telah digunakan oleh banyak kalangan baik pekerjaan kecil hingga besar. Mutu beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah

menggunakan K300 atau  $f'c$  24,9 MPa. Batasan nilai  $f'c$  yang digunakan menurut SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung pasal 19.2.1 adalah berkisar antara 17 MPa hingga 35 MPa, dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Syarat mutu beton struktur

Kegunaan	Jenis Beton	Nilai $f'c$ Minimum (MPa)	Nilai $f'c$ Maksimum (MPa)
Umum	Berat Normal dan Berat Ringan	17	Tidak ada batasan
Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Dinding Struktural Khusus	Berat Normal  Berat Ringan	21  21	Tidak ada batasan  35

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa untuk beton yang digunakan pada pekerjaan struktur umum harus memiliki mutu beton  $F_c$  minimum 17 MPa. Berdasarkan SNI 7064-2014 tentang semen Portland komposit disebutkan bahwa semen dianggap sesuai kriteria apabila pada usia 7 hari mencapai kuat tekan sebesar minimal 200kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tekan usia 28 hari sebesar minimal 280 kg/cm<sup>2</sup>. Berdasarkan kriteria kuat tekan tersebut maka, semen tidak perlu dilakukan pengujian. Tahapan selanjutnya adalah pengujian agregat, pengujian agregat mengacu pada SNI 03-1969-2008. Agregat kasar yang digunakan adalah kerikil lokal ukuran 10-20 mm dan agregat halus yang digunakan adalah pasir lokal Jember. Pembuatan mix design ini mengacu pada SNI 2834-2000. Benda uji yang telah dibuat dilakukan proses curing dengan merendam dalam kolam beton berisi air. Pengujian beton dilakukan pada usia 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Sampel benda uji sebelum dilakukan pengujian dilakukan penimbangan untuk mengetahui berat masing-masing sampel benda uji. Tahapan selanjutnya adalah melakukan kaping pada benda uji, tujuan kaping adalah untuk meratakan permukaan beton. Prosedur pelaksanaan capping adalah sesuai dengan SNI 6369-2008-Tata Cara Pembuatan Kaping Untuk Benda Uji Silinder Beton. Pengujian kuat tekan beton mengacu pada SNI 1974-2011-untuk benda uji silinder beton untuk benda uji silinder beton. Data yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan beton digunakan juga untuk perhitungan modulus elastisitas dan

modulus retak. Perhitungan modulus elastisitas mengacu pada SNI 2847-2019-Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini terdapat beberapa perhitungan yaitu perhitungan berat jenis beton, perhitungan modulus elastisitas beton dan kuat tekan silinder beton. Pengujian berat jenis beton menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{berat jenis beton} = \frac{\text{berat benda uji}}{\text{Vol.Silinder}} \dots(2)$$

dalam hal ini:

Berat benda uji = berat beton (kg);  
Volume silinder = volume silinder beton (cm).

Pengujian berat jenis beton dilakukan pada beton usia 28 hari untuk semua merk semen. Hasil dari pengujian berat jenis beton dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Berat jenis beton

No	Semen	Berat (Kg)	Volume	Berat Jenis
1	Semen X	12.11	5298.75	2.29
2	Semen Y	12.10	5298.75	2.28
3	Semen Z	12.23	5298.75	2.31

Berdasarkan Tabel 2 didapatkan bahwa berat jenis beton rata-rata adalah berkisar antara 2,29-2,31gr/cm<sup>3</sup>. Menurut SNI 03-2834-2000-Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, berat jenis beton normal adalah beton yang memiliki berat jenis sebesar 2,2 gr/cm<sup>3</sup> hingga 2,5 gr/cm<sup>3</sup> Pengujian beton menggunakan pedoman SNI 1974-2011-Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder, menurut SNI 1974-2011 rumus uji kuat tekan beton silinder adalah sebagai berikut.

$$\text{kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \dots(3)$$

dalam hal ini:

P = gaya tekan aksial (N);  
A = luas penampang melintang benda uji (mm<sup>2</sup>).

Kuat tekan beton dengan benda uji silinder dinyatakan dalam satuan MPa atau N/mm<sup>2</sup>. Hasil pengujian kuat tekan beton usia 7 hari disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil kuat tekan beton usia 7 hari

No	Semen	Umur (hari)	Berat (Kg)	Kuat Tekan (MPa)
1	Semen X	7	12.1785	21.84
			12.1995	20.19
			12.137	19.84
2	Semen Y	7	12.2185	20.45
			12.16	20.54
			12.2025	22.63
3	Semen Z	7	12.281	22.10
			12.2085	20.36
			12.014	19.67

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa kuat tekan rata-rata dari ketiga merk semen adalah bervariasi antara 19,67 MPa hingga 22,63 MPa. Dengan urutan tertinggi Merk Semen Y bernilai 22.63 MPa. Hasil pengujian kuat tekan beton usia 14 hari disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil kuat tekan beton usia 14 hari

No	Semen	Umur (hari)	Berat (Kg)	Kuat Tekan (MPa)
1	Semen X	14	12.248	22.37
			11.8645	21.28
			12.2535	19.41
2	Semen Y	14	12.251	22.75
			12.252	19.16
			12.2855	22.75
3	Semen Z	14	12.1265	21.73
			12.357	18.77
			12.245	22.30

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa kuat tekan rata-rata dari ketiga merk semen adalah bervariasi antara 18,77 MPa hingga 22,75 MPa. Dengan urutan tertinggi Merk Semen Y bernilai 22.75 MPa. Hasil pengujian kuat tekan beton usia 28 hari disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil kuat tekan beton usia 28 hari

No	Semen	Umur (hari)	Berat (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)
1	Semen X	28	12.313	30.72
			11.9015	26.59
			12.109	26.42
2	Semen Y	28	12.1655	30.83
			12.106	29.19
			12.026	24.32
3	Semen Z	28	12.1595	28.40
			12.2795	27.66
			12.256	27.21

Berdasarkan tabel 5 dapat dilihat bahwa kuat tekan rata-rata dari ketiga merk semen adalah bervariasi antara 27,21 MPa hingga 30,83 MPa, dengan urutan tertinggi Merk Semen Y bernilai 30.83 MPa. Pengujian lanjutan dari pengujian nilai kuat tekan beton adalah hasil dari pengujian modulus elastisitas. Pengujian modulus elastisitas yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan rumus yang berasal dari SNI-2847-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, pasal 19.2.2.1b yaitu sebagai berikut:

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'} \text{ (MPa)} \quad \dots(4)$$

Dengan menggunakan nilai kuat tekan  $f_c'$  beton usia 28 hari dari masing-masing merk semen. Hasil dari perhitungan modulus elastisitas dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil modulus elastisitas beton usia 28 hari

No	Merk Semen	Nilai Modulus (MPa)
1	Semen Merk Y	26095.91477
		25392.12954
		23179.73688
2	Semen Merk Z	25045.29392
		24718.87513
		24515.84192
3	Semen Merk X	26047.98835
		24233.89395
		24156.42793

Berdasarkan hasil perhitungan modulus elastisitas beton usia 28 hari pada tabel 5 didapatkan hasil yang bervariasi antara 23179.73688 MPa hingga 26095.91477 MPa.

## V. KESIMPULAN

1. Nilai kuat tekan beton sudah memenuhi standar yang disyaratkan oleh SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung pasal 19.2.1 yaitu untuk beton dengan kegunaan bangunan umum yaitu minimum 17 MPa dan bangunan dengan kategori Sistem rangka pemikul momen khusus dan dinding struktural khusus yaitu 21 MPa, hasil yang dicapai pada usia 28 hari adalah berkisar antara 24.32 MPa hingga 30.83 MPa;

2. Hasil penelitian ini tidak mencari merk mana yang terbaik, besar kecil nya nilai yang didapat bukan menjadi bukti bahwa merk tertentu hasilnya selalu bagus, namun banyak faktor yang mempengaruhi nilai yang didapat. Perlu penelitian lebih lanjut dari penggunaan merk semen ini untuk mendapatkan hasil yang lebih bervariasi dan lebih baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Antoni dan Nugraha. (2007). *Teknologi beton*. Andi Offset. Yogyakarta.
- D R Basri, Husnah, Agusrianto. (2019). Analisa perbandingan dua merek semen dengan kebersihan material terhadap kuat tekan beton K-250. *RACIC*, 4(1) 20–31.
- Fanto PP, H Tanudjaja, Reky SW. (2015). Pengujian kuat tarik lentur beton dengan variasi kuat tekan beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321.
- FN Abdi, H Sutanto, A Al Fithrah. (2019). Kuat tekan beton dengan rasio volume 1 : 2 : 3, menggunakan agregat di Kalimantan Timur (Senoni, Long Iram, Batu Besaung, Penajam dan Sambera) berdasarkan SNI 03-2834-2000. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi V*, 182–190.
- H Prasetyo, Ika Widowati. (2006). *Pengaruh variasi dimensi agregat kasar pada mutu beton*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- JJS Pah, PM Tulle, RA Bella, DAT Sina. (2022). hubungan faktor air-semen dan faktor air-foam terhadap kuat tekan dan berat volume bata ringan CLC. *Jurnal Teknik Sipil*. 11(2) .119–132.
- L. J. Murdock and K. M. Brook. (1984). *Bahan dan praktek beton*. Jakarta : Erlangga.
- Muryati Ziga Arkis. (2020). Pengaruh metode perawatan beton terhadap kuat tekan beton normal. *Jurnal Teknik Sipil ITP*. 7(2). 78-84.
- OS hermanto, SL Prabowo. (2010). *Pengaruh gradasi agregat gabungan pada perilaku beton*. Skripsi Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- R Komala, S Hadi, J Prasetiawan. (2021). Pengaruh jenis semen dan lama perawatan yang berbeda terhadap kuat tekan beton normal. *Jurnal HANDASAH*, 1 (2), 24–32.
- S Sutanto. (2013). Pengendalian mutu beton pada pelaksanaan jalan dengan perkerasan kaku. *METANA*. 9(1), 15–22.
- SAM Abundan. (2013). *Pengaruh terak sebagai pengganti sebagian agregat kasar terhadap kuat lekat dan berat jenis beton dengan perbandingan 1:2: 3*. Skripsi Sarjana, Prodi Pendidikan Teknik Bangunan, Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan, FKIP UNS.
- SNI 2847:2019. (2019). *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan*. Indonesia: BSN.
- SNI 1974:2011. (2011). *Pengujian kuat tekan beton dengan benda uji silinder*. Indonesia: BSN.
- SNI 6369:2008. (2008). *Tata cara pembuatan kaping untuk benda uji silinder beton*. Indonesia: BSN.
- SNI 7064:2004. (2004). *Semen portland komposit*. Indonesia: BSN.
- Tri Mulyono. (2005). *Teknologi beton edisi 1*. Yogyakarta: Andi Offset.