

Pengaruh Variasi Komposisi Agregat Kasar Terhadap Sifat Mekanik Beton

Amry Dasar^{1*}, Agung Gunawan Tanriwali², Dahlia Patah¹, Abdi Manaf¹

¹Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat

²Mahasiswa Program Sarjana Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat

*E-mail: amry.dasar@unsulbar.ac.id

Abstract

The growth of the construction industry is increasing rapidly, especially in the field of materials, one of the most used materials for construction is concrete. Coarse aggregate gradation plays an important role in determining the quality of high-performance concrete. This study aims to determine the best composition in the variation of mixing two types of coarse aggregate sizes on the mechanical properties of concrete, namely the compressive strength of concrete and the splitting strength of concrete. Coarse aggregate variations in the concrete mixture used are 0.5-1 cm and 1-2 cm in size with a ratio of 100%: 0%, 70%: 30%, 60%: 40%, 50%: 50%, 40%: 60%, 30%: 70% and 0%:100%. The Water Cement Factor (FAS) used is 0.4. A total of 63 cylindrical specimens with a diameter of 10 cm and a height of 20 cm were used in this study. The compressive strength test of concrete was carried out at the age of 7 days and 28 days while the split strength test of the concrete was carried out at the age of 28 days. The results showed that the best proportion of variations in the size of coarse aggregate was a combination of sizes 0.5-1 cm 50% and sizes 1-2 cm 50% with compressive strength at 28 days of 45.17 Mpa with an increase in compressive strength of 21.7% and 37.44% of the specimens respectively control of coarse aggregate size 0.5-1 cm 100% and coarse aggregate size 1-2 cm 100%.

Keywords: Concrete, Coarse Aggregate, Concrete Compressive Strength, Split Tensile Strength.

Abstrak

Pertumbuhan industri konstruksi semakin pesat terutama di bidang material, salah satunya penggunaan material beton untuk bahan konstruksi. Gradasi agregat kasar memegang peranan penting untuk menentukan mutu beton yang memiliki kinerja tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi terbaik pada variasi pencampuran dua jenis ukuran agregat kasar terhadap sifat mekanik beton yaitu kuat tekan beton dan kuat belah beton. Variasi agregat kasar pada campuran beton yang digunakan yaitu ukuran 0,5-1 cm dan 1-2 cm dengan perbandingan 100% : 0%, 70% : 30%, 60% : 40%, 50% : 50%, 40% : 60%, 30% : 70% dan 0% :100%. Faktor Air Semen (FAS) yang digunakan yaitu 0.4. Sebanyak 63 benda uji silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm digunakan pada penelitian ini. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 hari dan 28 hari sedangkan pengujian kuat belah beton dilakukan pada umur 28 hari. Hasil penelitian didapatkan proporsi terbaik variasi ukuran agregat kasar yaitu kombinasi ukuran 0,5-1 cm 50% dan ukuran 1-2 cm 50% dengan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 45,17 Mpa dengan peningkatan kuat tekan sebesar 21,7% dan 37,44% terhadap benda uji masing-masing benda uji kontrol agregat kasar ukuran 0,5-1 cm 100% dan agregat kasar ukuran 1-2 cm 100%.

Kata kunci: Beton, Kuat tekan beton, Kuat tarik belah, Agregat kasar

1. Pendahuluan

Pada era globalisasi seperti sekarang ini, beton biasanya digunakan sebagai material utama elemen struktur bangunan yang telah banyak digunakan hingga saat ini. Beton banyak diminati karena memiliki beberapa kelebihan seperti tahan terhadap api, mempunyai kekuatan yang baik terhadap tekan, bahan baku penyusun yang mudah didapat, dan harganya yang relatif murah. Beton merupakan suatu material dengan proporsi hasil dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air dan biasanya juga dengan bahan tambah lainnya [1].

Konstruksi adalah satu kata yang sangat familiar, mengingat pembangunan yang terus berkembang pesat saat ini. Konstruksi yang baik dapat dilihat dari tahapan pelaksanaan yang berkualitas. Seiring berkembangnya teknologi konstruksi bangunan maka makin sering pula digunakannya beton sebagai material utama pada konstruksi. Dalam pelaksanaannya beton banyak digunakan sebagai bahan dalam pembuatan kolom, balok dan plat lantai serta bendungan hingga material penyusun dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi jalan, karena beton memiliki banyak fungsi inilah maka dalam proses pelaksanaan pembuatannya perlu diperhatikan berbagai macam hal, mulai dari perencanaan campuran beton itu sendiri hingga proses pencampuran dan perawatannya.

Untuk lebih mengenal karakteristik beton, diperlukan pemahaman tentang beton itu sendiri. Hal ini berguna agar dalam pengerjaannya beton dapat digunakan sesuai dengan ketentuan dan keefektifan dari awal proses hingga selesai pengerjaan. Selain tahap pelaksanaan yang sesuai, konstruksi beton yang baik juga didukung oleh material-material yang digunakan untuk menyusun konstruksi tersebut menjadi lebih berkualitas adalah penggunaan material beton sehemat mungkin dengan kekuatan yang didapat cukup tinggi [2]. Mutu beton salah satunya dipengaruhi oleh susunan butiran agregat.

Beton yang baik adalah beton yang memiliki susunan butiran agregat beragam [3].

Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton berdasarkan SNI 1974:2011 [4] dan kuat belah beton berdasarkan SNI 03-2491-2002 [5] dari pengaruh variasi agregat kasar ukuran 0.5~1.0 cm dan 1.0~2.0 cm, dengan variasi rasio pencampuran 100%:0%, 70%:30%, 60%:40%, 50%:50%, 40%:60%, 30%:70% dan 0%:100%.

2. Metoda Penelitian

2.1. Material dan metode

Semen yang digunakan untuk semua jenis variasi campuran beton yaitu Semen Portland Komposit atau Portland Composite Cement (PCC) sesuai SNI 15-7064-2004 [6]. Semen yang digunakan adalah Tipe 1 dalam merupakan produk dari pabrik semen di Indonesia dan banyak tersedia di pasaran.

Agregat halus atau pasir dan agregat kasar atau batu pecah yang digunakan sesuai SNI 03-1968-1990 [7]. Dalam penelitian ini, agregat halus dan agregat kasar yang digunakan merupakan material alam yang digunakan berasal dari tambang lokal di Kab. Majene, Sulawesi Barat yaitu Sungai Mappili. Hasil uji karakteristik dari agregat halus dan agregat kasar telah memenuhi persyaratan untuk dijadikan agregat pada pencampuran beton berdasarkan SNI 03-1968-1990 [8]. Pada penelitian ini digunakan agregat kasar ukuran 5-10 mm dan 10-20 mm (Gambar 1) dengan variasi pencampuran yaitu 100%:0%, 70%:30%, 60%:40%, 50%:50%, 40%:60%, 30%:70% dan 0%:100%. Properti material dan karakteristik agregat ditunjukkan pada masing-masing Tabel 1 dan Tabel 2. Sedangkan air yang digunakan adalah air tawar yang diperoleh dari sumur bor di laboratorium.

Tabel 1. Properti Material

Properti Material	Semen, C	Air, W	Pasir, S	Kerikil, G
Item	PCC	-	Passive sieve 5 mm	Batu pecah
Berat Jenis, Kg/m ³	3.145	1	2.13	2.56

<i>Specific surface area</i> (m^3/g)	0.382	-	-	-
---	-------	---	---	---

Tabel 2. Karakteristik agregat

Komponen	Pasir	Kerikil
Kadar lumpur, %	0.49	0.55
Berat jenis, g/m^3	2.46	2.62
penyerapan air, %	1.69	0.64
Kadar organis	No.2	No.2
Kadar air, %	7.22	0.64
Modulus kehalusan	3.39	7.82

2.2. Desain Benda Uji

Komposisi campuran dengan agregat kasar 100% ukuran 0.5~1.0 cm (A100B0) dan 100% ukuran 1.0~2.0 cm (A0B100) digunakan sebagai benda uji kontrol. Proporsi campuran ditunjukkan pada Tabel 3. Faktor air semen (FAS) yang digunakan adalah 0.4 dan konsistensi beton dipantau dengan nilai slump dirancang sebesar 60-180 mm berdasarkan BS EN 12350-2 [9]. Desain kekuatan beton adalah 24.9 MPa pada umur 28 hari. Benda uji beton dicetak yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja yang berbentuk silinder dengan ukuran diameter 100 mm dan tingg 200 mm. Jumlah benda uji untuk kuat tekan beton yaitu 42 selinder. Sedangkan jumlah benda uji kuat tarik belah beton yaitu 21 selinder, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.



Gambar 1. Agregat kasar ukuran 1.0~2.0 cm dan 0.5~1.0 cm

Tabel 3. Komposisi campuran

Mix ID	Agregat Halus	Agregat Kasar		Semen	FAS
		0,5-1 cm	1-2 cm		
A100B0	100%	100%	0%	100%	40%
A70B30	100%	70%	30%	100%	40%
A60B40	100%	60%	40%	100%	40%
A50B50	100%	50%	50%	100%	40%
A40B60	100%	40%	60%	100%	40%
A30B70	100%	30%	70%	100%	40%
A0B100	100%	0%	100%	100%	40%

Tabel 4. Jumlah benda uji beton

Mix ID	Banyaknya Benda Uji	
	Kuat Tekan Beton	Kuat Tarik Belah Beton
A100B0	6	3
A70B30	6	3
A60B40	6	3
A50B50	6	3
A40B60	6	3
A30B70	6	3
A0B100	6	3

Prosedur pembuatan beton segar untuk benda uji kuat tekan dan kuat belah beton sesuai dengan SK SNI M – 14-1989-F dimana beton dicampur dalam mixer selama beberapa menit dengan prosedur pencampuran beton sebagai berikut:

1. Masukkan campuran kering yaitu agregat kasar, agregat halus dan semen ke dalam mixer.
2. Kemudian nyalakan mixer dan lakukan proses *mixing* kering selama 60 detik lalu *stop*.
3. Masukkan air kedalam mixer yang berisi campuran kering dimana mixer dalam keadaan berputar hingga 60 detik lalu *stop*.
4. Kemudian aduk atau campur secara manual menggunakan sendok spesi.
5. Kemudian lakukan proses *mixing* basah selama 120 detik lalu *stop*.
6. Matikan mixer dan ukur *slump*.

Setelah pembuatan benda uji, benda uji beton disimpan pada kondisi ruang laboratorium dengan temperature yang tidak terkontrol. Setelah 24 jam, benda uji beton dikeluarkan dari cetakan silinder baja lalu dilakukan perawatan dengan cara direndam

dalam air hingga periode pengujian tertentu. Proses pembuatan dan pengujian beton dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembuatan dan pengujian beton: (a) proses mixing, (b) slump test, (c) casting, (d) perawatan benda uji, (e) uji tekan beton, dan (f) uji tarik belah beton

Kuat tekan beton diuji pada hari ke 7 dan 28 dengan menggunakan mesin uji tekan sesuai dengan SNI 1974: 2011 [10]. Kuat tarik belah beton diuji pada hari ke 28 dengan menggunakan mesin uji tekan sesuai dengan SNI 03-2491- 2002 [11]. Setelah periode pengujian tertentu, benda uji ditekan dengan laju seragam 4,0 kN/detik (tanpa kejut) sampai mencapai beban maksimum dan terjadi kegagalan. Kuat tekan beton dan kuat tarik belah rata-rata dari tiga benda uji ditentukan untuk setiap campuran beton.

3. Hasil dan Pembahasan Penelitian

3.1. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk menilai pengaruh variasi komposisi agregat kasar. Kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton ditunjukkan pada Tabel 5. Modulus dari elastisitas (E_c) beton ditentukan dengan metode perhitungan berdasarkan SNI 2847:2019, yang sesuai dengan berat beton dari 1400 hingga 2560 kg/m^3 [12]. Berdasarkan Tabel 5 didapatkan bahwa semakin tinggi kuat tekan beton maka semakin tinggi pula modulus elastisitas beton.

Table 5. Kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton

Kode	7 Hari		28 Hari	
	f_c , Mpa	E_c , Mpa	f_c , Mpa	E_c , Mpa
A100B0	28.69	25174.63	37.22	28672.57

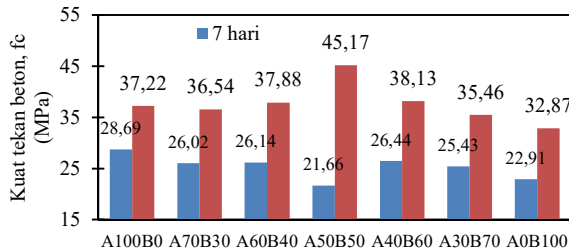
A70B30	26.02	23973.07	36.54	28412.01
A60B40	26.14	24031.36	37.88	28925.69
A50B50	23.79	22924.25	45.17	31588.06
A40B60	26.44	24168.85	38.13	29022.26
A30B70	25.43	23702.79	35.46	27987.70
A0B100	22.91	22496.26	32.87	26944.16

Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 3 didapatkan bahwa nilai kuat tekan umur 7 hari pada benda uji A100B0, A70B30, A60B40, A50B50, A40B60, A30B70, A100B0 berturut-turut sebesar 28.69 MPa, 26.02 MPa, 26.14 MPa, 21.66 MPa, 26.44 MPa, 25.43 MPa, dan 22.94 MPa. Kontrol benda uji A100B0 menunjukkan nilai kuat tekan paling tinggi dibandingkan benda uji lainnya. Sedangkan control benda uji A0B100 menunjukkan nilai kuat tekan terendah kedua setelah benda uji A50B50.

Berdasarkan hasil uji tekan 7 hari terdapat ada dua sampel yaitu A50B50 dan A0B100 yang tidak mencapai kuat tekan yang direncanakan (24,9 MPa). Namun secara keseluruhan grafik yang dihasilkan benda uji dalam uji tekan 7 hari terjadi peningkatan dari sampel A0B100 sampai smpel A100B0. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh ukuran butiran, kuat tekan beton dengan ukuran butiran lebih besar mempunyai kuat tekan lebih rendah dibandingkan beton dengan ukuran butiran lebih kecil [13].

Untuk nilai kuat tekan umur 28 hari pada benda uji A100B0, A70B30, A60B40, A50B50, A40B60, A30B70, A100B0 berturut-turut sebesar 37.22 MPa, 36.54 MPa, 37.88 MPa, 45.17 MPa, 38.13 MPa, 35.46 MPa, dan 32.87 MPa. Dari hasil ini menunjukkan bahwa nilai kuat tekan tertinggi didapatkan pada benda uji variasi agregat kasar ukuran 0,5-1 cm 50% dan 1-2 cm 50 % (A50B50). Apabila agregat kasar mempunyai variasi komposisi ukuran yang baik antara ukuran kecil dan besar maka volume pori beton akan menjadi kecil. Seperti yang diungkapkan dan dipaparkan dalam suatu hasil penelitian, beton dengan gradasi yang bervariasi memiliki kuat

tekan yang jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan beton dengan gradasi yang seragam [14]. Lebih lanjut, hasil uji tekan 28 hari seluruh sampel telah mencapai kuat tekan beton yang telah direncanakan yaitu (24,9 MPa).



Gambar 3. Perbandingan kuat tekan umur 7 hari dan umur 28 hari

Rasio peningkatan kuat tekan beton benda uji variasi terhadap benda uji pembanding A100B0 dapat dilihat pada Tabel 6. Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa rasio persentase nilai kuat tekan beton benda uji variasi dengan benda uji A100B0, pada umur 7 hari semua benda uji variasi mengalami penurunan terhadap benda uji A100B0. Benda uji dengan penurunan paling tertinggi yaitu A50B50 sebesar -24,50% dan benda uji yang mengalami penurunan terendah yaitu benda uji A40B60 sebesar -7,83%. Ini dikarenakan beton pada umur 7 hari daya rekatnya belum maksimal dikarenakan proses hidrasi yang mendorong reaksi pozzolan masih berlangsung, sehingga beton yang memiliki persentase ukuran agregat kasar 0,5-1 cm yang lebih besar akan mendapatkan kuat tekan yang tinggi. Untuk umur 28 hari ada tiga benda uji yang mengalami peningkatan terhadap benda uji A100B0 yaitu benda uji A60B40, A50B50 dan A40B60. Untuk benda uji yang mengalami penurunan terhadap benda uji A100B0 yaitu A70B30 dan A30B70. Ini dikarenakan benda uji yang memiliki variasi yang bagus atau seimbang mengalami peningkatan dari benda uji A100B0. Sehingga beton yang memiliki variasi yang bagus atau seimbang maka akan mendapatkan kuat tekan yang baik pula.

Tabel 6. Persentase nilai kuat tekan benda uji beton variasi terhadap benda uji A100B0 pada umur 7 hari dan 28 hari.

Kode Sampel	% Terhadap Benda Uji A100B0 Kuat Tekan Beton 7 Hari, MPa	% Terhadap Benda Uji A100B0 Kuat Tekan Beton 28 Hari, MPa
A100B0	0	0
A70B30	-9.32	-1.81
A60B40	-8.88	1.77
A50B50	-24.50	21.37
A40B60	-7.83	2.45
A30B70	-11.35	-4.72

Adapun rasio peningkatan kuat tekan beton benda uji variasi terhadap benda uji pembanding A0B100 dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini. Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa rasio persentase nilai kuat tekan beton benda uji variasi dengan benda uji A0B100. Pada umur 7 hanya satu benda uji yang mengalami penurunan terhadap benda uji A0B100 yaitu benda uji A50B50 yaitu -5,46%. Sedangkan benda uji yang lain mengalami peningkatan terhadap benda uji A100B0. Dimana peningkatan tertinggi yaitu benda uji A40B60 sebesar 15,42%. Ini dikarenakan beton pada umur 7 hari daya rekatnya belum baik, sehingga beton yang memiliki persentase ukuran agregat kasar 0,5-1 cm yang tinggi akan mendapatkan kuat tekan yang tinggi. Untuk umur 28 hari semua benda uji mengalami peningkatan terhadap benda uji A0B100. Ini dikarenakan semakin lama umur beton, maka daya rekatnya juga akan sangat baik, karena benda uji yang memiliki variasi yang bagus atau seimbang mengalami peningkatan dari benda uji A100B0. A50B50 menunjukkan peningkatan terbaik terhadap A100B0. Hal ini mengindikasikan beton yang memiliki variasi yang bagus atau seimbang maka akan mendapatkan kuat tekan yang baik pula.

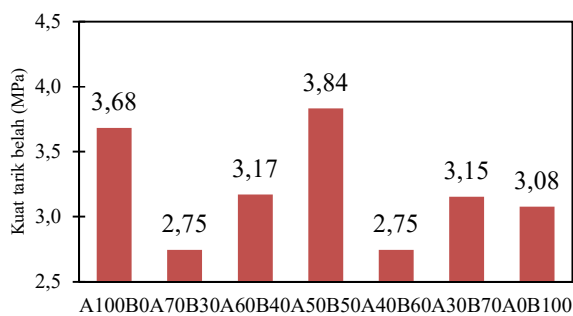
Tabel 7. Persentase nilai kuat tekan benda uji beton variasi terhadap benda uji A0B100 pada umur 7 hari dan 28 hari.

Kode Sampel	% Terhadap Benda Uji A0B100 Kuat Tekan Beton 7 Hari, MPa	% Terhadap Benda Uji A0B100 Kuat Tekan Beton 28 Hari, MPa
A70B30	13.56	11.19
A60B40	14.11	15.25
A50B50	-5.46	37.44
A40B60	15.42	16.02
A30B70	11.01	7.90
A0B100	0	0

3.2. Kuat Tarik Beton

Hasil kuat tarik belah beton umur 28 hari dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa variasi agregat kasar A100B0 dan A50B50 mendapatkan rata-rata kuat tarik belah beton tekan tertinggi yaitu berturut-turut sebesar 3.68 MPa dan 3.84 MPa.

Rasio peningkatan kuat tarik belah beton benda uji variasi terhadap benda uji pembanding A100B0 dapat dilihat pada Tabel 8. Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat bahwa rasio persentase nilai kuat tarik belah beton benda uji A100B0 pada umur 28 hari, dimana hanya benda uji A50B50 yang mengalami peningkatan. Sedangkan benda uji yang lain mengalami penurunan terhadap benda uji A100B0. Hal ini selaras dengan nilai kuat tekannya.



Gambar 4. Hasil kuat tarik belah beton umur 28 hari

Tabel 8. Persentase nilai kuat tarik belah beton benda uji beton variasi terhadap benda uji A100B0 pada umur hari.

Kode Sampel	% Terhadap Benda Uji A100B0 Kuat Tarik Belah Beton 28 Hari
A100B0	0
A70B30	-25.43
A60B40	-13.94
A50B50	4.12
A40B60	-25.48
A30B70	-14.39

Rasio peningkatan kuat tarik belah beton benda uji variasi terhadap benda uji pembanding A0B100 dapat dilihat pada Tabel 9. Dari Tabel 9 dapat dilihat bahwa ada 3 benda uji yang mengalami peningkatan terhadap benda uji A0B100 yaitu benda uji A60B40, A50B50 dan A30B70. Sedangkan benda uji yang lain mengalami penurunan terhadap benda uji A0B100 ada 2 yaitu benda uji A70B30 dan A40B60.

Tabel 9. Persentase nilai kuat tarik belah beton benda uji beton variasi terhadap benda uji A0B100 pada umur hari.

Kode Sampel	% Terhadap Benda Uji A0B100 Kuat Tarik Belah Beton 28 Hari
A70B30	-12.01
A60B40	3.40
A50B50	27.61
A40B60	-12.08
A30B70	2.79
A0B100	0

Rasio kuat tekan beton terhadap kuat tarik belah beton pada Tabel 10. Berdasarkan Tabel 10 dapat dilihat peningkatan terbesar terjadi pada benda uji A40B60 sebesar 13,89% sedangkan benda uji yang mengalami peningkatan terkecil terjadi pada benda uji A100B0 sebesar 10,10%. Menurut S.H Kosmatka (2002) rasio kuat tekan dan kuat belah beton adalah 8%-12%. Sedangkan menurut SNI 2847 2019 rasio kuat tekan beton terhadap kuat belah beton adalah 10%-15%.

Tabel 10. Rasio kuat tekan terhadap kuat belah beton

Kode Sampel	Kuat Tekan Beton, MPa	Kuat Belah Beton, MPa	Rasio, %
A100B0	37.22	3.68	10.10
A70B30	36.54	2.75	13.30
A60B40	37.88	3.17	11.95
A50B50	45.17	3.84	11.78
A40B60	38.13	2.75	13.89
A30B70	35.46	3.15	11.25
A0B100	32.87	3.08	10.68

4. Kesimpulan

Proporsi terbaik variasi agregat kasar ukuran 0,5-1 cm dan split 1-2 cm yaitu berturut-turut sebesar 50% dengan nilai kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 45,17 Mpa yang memiliki peningkatan sebesar 21,7% terhadap benda uji dengan menggunakan 100% agregat kasar ukuran 0,5-1 cm dan memiliki peningkatan sebesar 37,44% dengan menggunakan 100% agregat kasar ukuran 1-2 cm.

6. Daftar Pustaka

- [1] Robert Setiawan, 2017. Pengaruh Proporsi Ukuran Agregat Kasar Pada Sifat Mekanik Beton.
- [2] Amiruddin. Ika Sulianti. Rio Shaputra. Daryoko., 2018. Analisis Pengaruh Besar Butiran Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Normal.
- [3] Agustin Gunawan, 2016. Pengaruh Pencampuran Dua Jenis Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton.
- [4] SNI 1974:2011 tentang uji tekan beton silinder bentuk pecahan.
- [5] SNI 03-2491-2002 tentang metode pengujian kuat Tarik belah beton.
- [6] SNI 15-7064-2004 tentang Portland composi semen
- [7] SNI 03-1968-1990 tentang Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar.
- [8] Dasar, A. and Patah, D., 2021. Pasir dan Kerikil Sungai Mappili sebagai material Lokal untuk Campuran Beton di Sulawesi Barat. Bandar: Journal Of Civil Engineering
- [9] BS EN 12350-2, 2009. Testing fresh concrete. Slump-test. British Standard Institution.
- [10] SNI 1974: 2011 tentang Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder yang dicetak.
- [11] SNI 03-2491- 2002 tentang Standar Nasional Indonesia Metode pengujian kuat tarik belah beton ICS Badan Standarisasi Nasional Prakata.
- [12] SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
- [13] M. Hadi H., S.T, 2017. Pengaruh Ukuran Butiran Agregat.
- [14] Agus Purwati, Sholihin As'ad dan Sunarmasto, 2014. Pengaruh Ukuran Butiran Agregat Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi Grade 80.