

KARAKTERISTIK BETON BERONGGA RAMAH LINGKUNGAN DENGAN MATERIAL LOKAL KOTA TERNATE

Muhammad Ridho^a, Arbain Tata^b, Suyuti^b

^a Mahasiswa Pascasarjana Teknik Sipil, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

^b Prodi S2 Teknik Sipil, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

Article history

Received

21 Agustus 2021

Received in revised form

18 September 2021

Accepted

23 Oktober 2021

*Corresponding author

squad.organizer@gmail.com

Graphical abstract



Abstract

Road constructions generally use watertight flexible or rigid pavement. To prevent problems with road damage caused by standing water, there are currently many new ways to control water flow on the pavement surface. One of the alternatives in controlling water on the pavement surface is to use porous concrete. This study aims to determine the effect of aggregate forms in porous concrete mixes on porosity, permeability and compressive strength values that will be applied to parks and pedestrian paths. The method used is an experimental method. The aggregate used consisted of broken and unbroken stone variations of 0.5-1 cm, 1-2 cm and 2-3 cm with a cement water factor (FAS) of 0.40. Tests carried out at 28 days wet maintenance. Based on the research that has been done, it can be concluded that from the variation of the aggregate used the optimal mixture is obtained in a mixture with a variation of 0.5-1 cm and 1-2 cm which results in a high water permeability value. Porous concrete with a variation of coarse aggregate of 0.5-1 cm obtained porosity values of 39.24%, permeability of 0.179 (cm² / sec) and compressive strength of 3,450 MPa. Porous concrete with coarse aggregate variation of 1-2 cm obtained values for porosity that is 37.97%, with permeability of 0.162 (cm² / sec) and compressive strength of 6.074 MPa. Porous concrete with coarse aggregate variation of 1-3 cm obtained porosity values of 33.80%, permeability of 0.148 (cm² / sec) and compressive strength of 4.401 MPa.

Keywords: Porous Concrete, permeability, porosity, compressive strength, Cement water factor

Abstrak

Pembangunan jalan secara umum menggunakan perkerasan lentur atau kaku yang kedap air. Untuk mencegah masalah kerusakan jalan yang disebabkan oleh genangan air, saat ini banyak cara baru untuk mengendalikan aliran air pada permukaan perkerasan. Salah satu alternatif dalam pengendalian air pada permukaan perkerasan adalah dengan menggunakan beton berongga. Dalam hal ini penggunaan beton berongga adalah sebagai bahu jalan yang berfungsi sebagai drainase sehingga dapat meneruskan aliran air ke dalam tanah, diharapkan beton berongga ini dapat mencegah berkurangnya kekuatan perkerasan utama yang disebabkan oleh genangan air, serta dapat meningkatkan pembangunan infrastruktur jalan yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan Untuk mengetahui pengaruh bentuk agregat dalam campuran beton berongga terhadap nilai porositas, permeabilitas dan kuat tekan yang akan di aplikasikan pada taman dan jalur pejalan kaki. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Agregat yang digunakan terdiri dari batu pecah dan batu tidak pecah variasi 0,5-1 cm, 1-2 cm, dan 2-3 cm dengan faktor air semen (FAS) 0,40. Pengujian dilakukan pada umur perawatan basah 28 hari. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dari variasi agregat yang digunakan campuran optimal diperoleh pada campuran dengan variasi 0,5-1 cm dan 1-2 cm yang menghasilkan nilai kemampuan merembeskan air yang tinggi. Beton berongga dengan variasi agregat kasar 0,5-1 cm didapatkan nilai porositas 39,24%, permeabilitas sebesar 0,179 (cm²/detik) dan kuat tekan 3,450 MPa. Beton berongga dengan variasi agregat kasar 1-2 cm didapatkan nilai untuk porositas yaitu 37,97%, dengan permeabilitas 0,162 (cm²/detik) dan kuat tekan sebesar 6,074 MPa. Beton berongga dengan variasi agregat kasar 1-3 cm didapatkan nilai porositas 33,80%, permeabilitas 0,148 (cm²/detik) dan kuat tekan 4,401 MPa.

Kata kunci: beton berongga, permeabilitas, porositas, kuat tekan, faktor air semen.

© 2020 Penerbit Fakultas Teknik Unkhair. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Masalah kerusakan jalan yang sering terjadi di setiap ruas jalan nasional, provinsi maupun kabupaten seringkali disebabkan oleh beberapa faktor yaitu genangan air pada permukaan badan maupun bahu jalan, perubahan suhu, perubahan cuaca, material yang digunakan pada konstruksi perkerasan, kondisi tanah dasar yang tidak stabil, proses pemadatan di lapisan tanah dasar yang kurang baik dan muatan kendaraan yang melebihi kapasitas maksimal.

Untuk ruas jalan utama di Kota Ternate pada musim hujan, seringkali ditemukan genangan air di bahu-bahu jalan. Solusi untuk mengatasi masalah kerusakan jalan akibat genangan air adalah salah satunya dengan mengendalikan aliran air pada permukaan perkerasan dengan menggunakan material perkerasan yang dapat membantu mengaliri air tersebut. Material perkerasan yang dimaksud adalah material yang memiliki rongga sehingga air yang tergenang sebelumnya dapat dialiri. Beton berongga dapat digunakan pada bahu jalan sebagai sistem drainase yang diharapkan dapat mengurangi volume air yang tergenang dan mencegah berkurangnya kekuatan perkerasan pada bagian utama jalan.

Beton Berongga (*Porous Concrete*)

Beton berongga adalah suatu elemen bahan bangunan yang dibuat dari campuran agregat kasar, semen, air dan sedikit agregat halus dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton tersebut, campuran ini menciptakan sutu sel terbuka struktur (Ahmad said Musthofa 2015).

Beton berongga merupakan beton tidak normal, dikarenakan beton berongga dibuat dengan jumlah air dengan pengawasan ketat dan bahan semen yang digunakan untuk menciptakan pasta berbentuk padatan yang menyelimuti sekitar butir agregat. Tidak seperti beton konvensional, campurannya tidak terdapat pasir. Tujuannya adalah menciptakan kandungan rongga udara yang banyak, antara 15-35 % (*ACI 522R-10*).

Umumnya, rasio perbandingan agregat antara 4,0-4,5 dalam massa. Jika rasio agregat/semen besar, artinya jumlah pasta semen dalam adukan beton sedikit maka daya resak antara butir agregat lemah, sehingga diperoleh kuat tekan rendah (*ACI 211.3R-97*).

Kuat Tekan Beton Berongga

Beton berongga memiliki kuat tekan yang tergolong rendah jika dibandingkan dengan kuat tekan beton konvensional. Menurut *ACI 522R-10*, rata-rata kuat tekan beton pori berkisar antara 2,8-28 MPa.

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots 1$$

Dimana:

f_c: Kuat Tekan beton (Mpa)

P: Gaya Tekan (N)

A: Luas (mm²)

Laju Infiltrasi Beton Berongga

Laju infiltrasi adalah laju maksimum air yang dapat masuk pada rongga beton. Laju infiltrasi merupakan persyaratan standar untuk beton berongga yang diadopsi dari Standar Amerika yaitu ASTM-C1701.

$$I = \frac{K.M}{D^2.t} \dots\dots\dots 2$$

Dimana:

I= laju infiltrasi , mm/h (in/h)

K= 4.583.666.000 dalam unit SI atau 126.870 dalam unit (*inch-pound*)

M= massa air yang terinfiltrasi, kg (lb)

D = diameter cincin infiltrasi, mm (in)

t = waktu yang dibutuhkan oleh air untuk menginfiltrasi beton, s

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan melakukan tinjauan pustaka untuk mencari bahan referensi tentang beton berongga. Dalam hal ini, referensi tentang beton berongga diperoleh dari jurnal dan penelitian yang telah dilakukan. Bahan-bahan referensi yang didapat antara lain berupa pedoman tata cara pembuatan beton berongga yang berasal dari aplikasi beton berongga di lapangan dan kisaran proporsi campuran beton berongga

yang digunakan seperti jumlah semen, jumlah variasi ukuran agregat kasar dan nilai faktor air semen yang digunakan.

Tabel 2. Rencana Spesifikasi Uji dan Jumlah Benda Uji

No	Variasi Diameter (\emptyset) Agregat kasar (cm)	Faktor Air Semen (FAS)	Sample Benda Uji Laju Infiltrasi	Sample Benda Uji Kuat Tekan	Jumlah Benda Uji
1	$\emptyset 0,5-1$	FAS 0,4	10	10	10
2	$\emptyset 1-2$		10	10	10
3	$\emptyset 2-3$		10	10	10
JUMLAH					30

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar dilakukan pada tahap awal penelitian beton berongga, dimulai dengan melakukan pemeriksaan terhadap sifat fisik agregat kasar variasi 0,5-1 cm, 1-2 cm, 2-3 cm meliputi pengujian berat jenis (*specific gravity*), kadar lumpur, berat volume, keausan (abrasi), dan gradasi agregat kasar.

Tabel 3. Pengujian Agregat Kasar Diameter 0,5-1 cm

No	Pemeriksaan Pengujian	KELURAHAN DAULASI		
		AGREGAT KASAR (Kerikil)		
		Spesifikasi / Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Kadar Lumpur	0.2 - 1.0 %	1,00	Tidak Memenuhi
2	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1.3 - 1.9 kg/liter	1,303	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1.3 - 1.9 kg/liter	1,424	
3	Berat Jenis Spesifik			
	a. Bj. Kering Oven	1.6 - 3.2 %	2,37	Memenuhi
	b. Bj. Kering Permukaan, Jenuh Air (SSD)	1.6 - 3.2 %	2,40	Memenuhi
	c. Bj. Semu	1.6 - 3.2 %	2,46	Memenuhi
	a. Penyerapan			
4	Modulus Kehalusan	5.5 - 8.5 %	5,88	Memenuhi
5	Keausan / Abrasi dengan Mesin Los Angeles	< 40%	37,70	Memenuhi

Tabel 4. Pengujian Agregat Kasar diameter 1-2 cm

No	Pemeriksaan Pengujian	KELURAHAN TABANGA		
		AGREGAT KASAR (Kerikil)		
		Spesifikasi / Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Kadar Lumpur	0.2 - 1.0 %	2,50	Tidak Memenuhi
2	Berat Volume			
	c. Kondisi Lepas	1.3 - 1.9 kg/liter	1,312	Memenuhi
	d. Kondisi Padat	1.3 - 1.9 kg/liter	1,432	Memenuhi
3	Berat Jenis Spesifik			
	a. Bj. Kering Oven	1.6 - 3.2 %	2,59	Memenuhi
	b. Bj. Kering Permukaan, Jenuh Air (SSD)	1.6 - 3.2 %	2,62	Memenuhi
	c. Bj. Semu	1.6 - 3.2 %	2,67	Memenuhi
	b. Penyerapan			
4	Modulus Kehalusan	5.5 - 8.5 %	6,15	Memenuhi
5	Keausan / Abrasi dengan Mesin Los Angeles	< 40%	33,65	Memenuhi

Tabel 5. Pengujian Agregat Kasar Diameter 2-3 cm

No	Pemeriksaan Pengujian	KELURAHAN TABANGA		
		AGREGAT KASAR (Kerikil)		
		Spesifikasi / Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Kadar Lumpur	0.2 - 1.0 %	2,00	Tidak Memenuhi
2	Berat Volume			
	e. Kondisi Lepas	1.3 - 1.9 kg/liter	1,361	Memenuhi
	f. Kondisi Padat	1.3 - 1.9 kg/liter	1,647	Memenuhi
3	Berat Jenis Spesifik			
	a. Bj. Kering Oven	1.6 - 3.2	2,42	Memenuhi
	b. Bj. Kering Permukaan, Jenuh Air (SSD)	1.6 - 3.2	2,43	Memenuhi
	c. Bj. Semu	1.6 - 3.2	2,44	Memenuhi
	c. Penyerapan	0.2 - 4 %	0,50	
4	Modulus Kehalusan	5.5 - 8.5 %	7,14	Memenuhi
5	Keausan / Abrasi dengan Mesin Los Angeles	< 40%	18,20	Memenuhi

Komposisi Benda Uji

Sampel benda uji proporsi campuran pertama (dengan semen 325 kg/m³, Faktor air semen 0,4 dan jumlah air 130 liter/m³, Agregat kasar variasi 2-3 cm 1.504 kg/m³, 1-2 cm 1.372 kg/m³, 0,5-1 cm 1.363 kg/m³, dengan variasi agregat 2-3 cm, 1-2 cm, dan 0,5-1 cm).

Tabel 6. Komposisi Bahan Benda Uji

Diameter Agregat	Faktor Air Semen (FAS)	Semen (kg/m ³)	Agregat Kasar (kg/m ³)	Air (kg/m ³)
0,5-1 cm			1504	
1-2 cm	0,40	325	1372	130
2-3 cm			1363	

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar

Jenis Variasi Agregat Kasar	Percobaan	Berat kubus (kg)	Berat kubus + agregat (kg)	Berat Agregat (kg)	Berat agregat/volume wadah kubus (kg/m ³)	Rata-rata (kg/cm ³)
2-3 cm	Kondisi lepas	13.495	18.265	4.770	1361	1504
	Kondisi padat		19.125	5.630	1647	
1-2 cm	Kondisi lepas	13.495	17.980	4.485	1312	1372
	Kondisi padat		18.340	4.845	1432	
0,5-1 cm	Kondisi lepas	13.495	17.900	4.405	1303	1363
	Kondisi padat		18.305	4.810	1424	

Hasil Kuat Tekan Beton Berongga

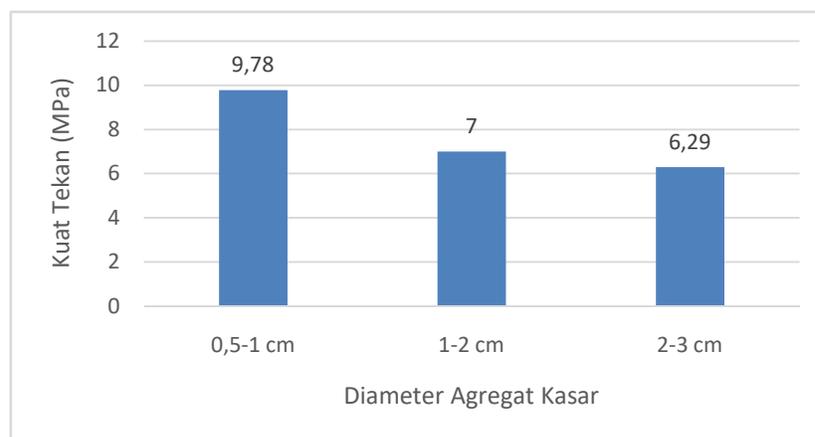
Tabel di bawah ini merupakan Tabel 8 Kuat Tekan Rata-Rata Beton Berongga. Tabel ini memperlihatkan hasil perhitungan kuat tekan rata-rata yang diperoleh dari hasil penjumlahan dari data kuat tekan untuk masing-masing variasi dibagi dengan jumlah data sebanyak 10 data.

Tabel 8. Kuat Tekan Rata-Rata Beton Berongga

No.	Diameter Agregat Kasar (cm)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
1	0,5-1	9,78
2	1-2	7
3	2-3	6,29

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada komposisi campuran agregat diameter 0,5-1 cm dengan kuat tekan rata-rata sebesar 9,78 MPa. Dan kuat tekan tertinggi setelah variasi 1-2 cm adalah campuran dengan variasi 1-2 cm yaitu sebesar 7 MPa. Sedangkan untuk nilai kuat tekan terendah yaitu pada variasi agregat 2-3 cm sebesar 6,29 MPa. Namun kuat tekan yang diperoleh ini masih belum mencapai target kuat tekan yang diinginkan untuk jalur pejalan kaki. Dengan nilai kuat tekan yang diperoleh, campuran beton berpori pada penelitian ini hanya bisa diaplikasikan pada taman dan bahu jalan.

Di bawah ini merupakan Gambar 1 Perbandingan Kuat Tekan Beton dari ketiga variasi diameter agregat kasar. Terlihat pada grafik tersebut, yang memiliki kuat tekan rata-rata tertinggi dari diameter agregat 0,5-1 cm sedangkan kuat tekan rata-rata terendah dari diameter agregat 2-3 cm.



Gambar 1. Kuat Tekan Rata-rata Beton Berongga

Hasil Pengujian Laju Infiltrasi

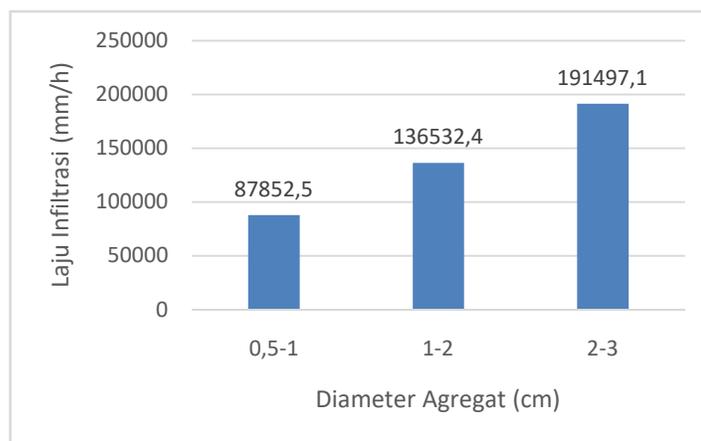
Hasil pengujian laju infiltrasi beton berongga dengan variasi diameter agregat kasar diperoleh dengan mencari waktu yang dibutuhkan dalam proses infiltrasi yaitu waktu yang dibutuhkan oleh air dengan berat tertentu untuk masuk ke dalam rongga beton. Berikut merupakan table hasil pengujian laju infiltrasi beton berongga.

Tabel 9. Hasil Pengujian Laju Infiltrasi Beton Berongga

No.	Diameter Agregat (cm)	Laju Infiltrasi Rata-rata (mm/h)
1	0,5-1	87852,5
2	1-2	136532,4
3	2-3	191497,1

Hasil perhitungan laju infiltrasi maksimal dicapai pada campuran dengan diameter agregat 2-3 cm sebesar 39,24 mm/h, pada campuran dengan diameter agregat 1-2 cm memiliki laju infiltrasi rata-rata 37,97 mm/h sedangkan laju infiltrasi terendah terdapat pada campuran diameter agregat 0,5-1 cm yaitu 33,08 mm/h. Diameter agregat 0,5-1 cm memiliki laju infiltrasi terendah karena kerapatan campuran pada variasi agregat lebih kecil sehingga diperoleh nilai laju infiltrasi yang kecil. Semakin tinggi laju infiltrasi maka kemampuan beton berongga untuk meloloskan cairan melalui pori-pori beton yang saling berhubungan juga akan semakin besar.

Di bawah ini merupakan grafik perbandingan nilai laju infiltrasi rata-rata dari masing-masing ukuran agregat kasar yang digunakan pada saat pembuatan benda uji.



Gambar 2. Laju Infiltrasi Rata-rata Beton Berongga

Nilai laju infiltrasi beton berongga yang direkomendasikan oleh NYSDOT 2011 dan Caltrans adalah 100 in./h atau 2564 mm/h. Sehingga seluruh variasi yang ada dalam penelitian ini dapat dikatakan memiliki porositas yang tinggi karena nilai laju infiltrasi yang mampu dicapai melebihi 50000 mm/h atau sekitar 2000 in./h.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari analisis hasil pengujian benda uji, semua campuran memenuhi kriteria sebagai bahan pembentuk beton berongga, dalam penelitian ini material penyusun beton berongga terdiri dari semen, agregat kasar dan air, dengan FAS 0,40. variasi yang digunakan adalah agregat kasar dengan ukuran 0,5-1 cm, 1-2 cm dan 2-3 cm. dari hasil penelitian campuran optimal diperoleh pada campuran dengan variasi 0,5-1 cm dan 1-2 cm yang menghasilkan nilai kemampuan merembeskan air yang tinggi.
2. Ditinjau dari nilai porositas, permeabilitas, dan kuat tekan adalah sebagai berikut ;

- a. Beton berongga dengan variasi agregat kasar 0,5-1 cm didapatkan nilai untuk porositas sebesar 39,24%, permeabilitas sebesar 0,179 (cm²/detik) dan kuat tekan sebesar 3,450 MPa.
- b. Beton berongga dengan variasi agregat kasar 1-2 cm didapatkan nilai untuk porositas yaitu 37,97%, dengan permeabilitas 0,162 (cm²/detik) dan kuat tekan sebesar 6,074 MPa.
- c. Beton berongga dengan variasi agregat kasar 1-3 cm didapatkan nilai untuk porositas 33,80%, permeabilitas 0,148 (cm²/detik) dan nilai kuat tekan 4,401 MPa.
- d. Ditinjau dari kuat tekan, hasil tertinggi diperoleh pada campuran variasi 1-2 cm sebesar 6,074 MPa. Berdasarkan standar mutu bata beton, nilai tersebut tidak memenuhi batas minimal bata beton mutu D sebesar 8,5 Mpa untuk diaplikasikan sebagai taman. Sehingga beton berongga dari hasil penelitian ini hanya bisa digunakan untuk taman, bahu jalan, dan lahan parkir.

Saran

1. Untuk meningkatkan kuat tekan yang lebih tinggi sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan dengan penggunaan agregat kecil dalam campuran beton berongga dengan jumlah persentase yang lebih besar dan menurunkan nilai faktor air semen, dikarenakan masih mencukupi dengan menurunkan nilai porositas dan permeabilitas untuk meningkatkan kuat tekan.
2. Agar kuat tekan mencapai mutu beton A dengan porositas dan permeabilitas yang ditentukan *ACI 522R-10*, dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan faktor air semen lebih rendah dengan bahan tambah seperti serat, *superplasticizer* dan *fly ash*.

References

- [1] ACI 522R-10.2010. Report OnPorous Concrete. USA: American Concrete Institute Committee 522
- [2] E. Prahara, Meilani. 2014. Compressive Strength and Water Absorption of Pervious Concrete that Using the Fragments of Ceramics and Roof Tiles. EPJ Web of Conferences.
- [3] Agus, Irzal dan Muh. Arfandi, La Ode. Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah Zat Additive (Big Lion) Pada Beton Berongga. JurnalFakultas Teknik SipilUnidayan.
- [4] Hanova Yudha, Franchitika Rizky dan Nanda. 2018. Pengaruh Campuran Gradasi Agregat Terhadap Permeabilitas Beton Porous Pada Aplikasi Lantai Laboratorium. Jurnal Untidar.
- [5] Prabowo Daryanto Ari, Setyawan Arydan Sambowo Kusno Adi. 2013. Desain Beton Berongga Untuk Perkerasan Jalan Yang Ramah Lingkungan. Jurnal Matriks Teknik Sipil.
- [6] Musthofa, Ahmad Said. 2015. Pengaruh Variasi Ukuran Gradasi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Berpori. Skripsi :Universitas Jember.
- [7] Asriana, Nur. 2018. Analisis Kuat Tekan, Permeabilitas Dan Porositas Pervious Concrete Dengan Variasi Ukuran Agregat Kasar. Skripsi :Universitas Sriwijaya.
- [8] Hanta, Lius dan Amelia. 2015. Studi Eksperimental Pengaruh Bentuk Agregat Terhadap Nilai Porositas Dalam Campuran Beton Berongga Pada Aplikasi Jalur Pejalan Kaki. Jurnal:The 18th FSTPT International Symposium, Unila, Bandar Lampung.
- [9] Syafiarti, Arintha IndahDwi. 2015. Pengaruh Serat Polipropilen Dalam Beton Berpori. Skripsi :Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [10] Idrus, AndiRiswandy. 2021. Karakteristik Beton Berongga Dari Limbah Pecahan Beton. Tesis :Universitas Hasanuddin.