

**PENGARUH BATU KAPUR KABUPATEN GUNUNG KIDUL SEBAGAI
SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA PEMBUATAN *PAVING BLOCK*
DITINJAU DARI KUAT TEKAN DAN PENYERAPAN**

**Bagus Pangaribowo, Budi Setiawan
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Abstrak

Penambangan batu kapur di Kabupaten Gunung Kidul menghasilkan sisa batu kapur yang belum dapat dimanfaatkan secara maksimal dan juga mencemari lingkungan. Penelitian ini mencoba mengolah kembali (*recycle*) sisa batu kapur tersebut kedalam campuran *paving block*, dimana sisa batu kapur sebagai pengganti sebagian agregat halus. Penelitian ini menggunakan komposisi perbandingan antara volume semen dan pasir sebesar 1 : 5. Variasi penambahan sisa batu kapur terhadap berat pasir sebesar 15 %, 17,5 %, 20 %, 22,5 %, 25 %. *Paving block* di cetak dengan mesin press hydraulic dengan dimensi 20 cm x 10 cm x 6 cm untuk *paving block* berbentuk balok dan 6 cm x 6 cm x 6 cm untuk *paving block* berbentuk kubus. Kesimpulan dari penelitian menunjukkan Penambahan sisa batu kapur dengan kadar tertentu dapat meningkatkan nilai kuat tekan dan juga nilai penyerapan air pada *paving block*. Nilai tertinggi kuat tekan rata-rata pada *paving block* sebesar 17,833 MPa pada variasi 20 % dan nilai tertinggi penyerapan air *paving block* sebesar 2,273 % pada variasi 17,5 %.

Kata kunci : *paving block*, kuat tekan, penyerapan air, gunung kidul

Abstract

Limestone mining in Gunung Kidul Regency produces residual limestone which cannot be utilized optimally and also pollutes the environment. This research tries to recycle the remaining limestone into a paving block mixture, where the remaining limestone is a substitute for some of the fine aggregate. This research uses a composition ratio between the volume of cement and sand of 1: 5. Variations in the addition of remaining limestone to the weight of sand are 15%, 17.5%, 20%, 22.5%, 25%. Paving blocks are printed using a hydraulic press machine with dimensions of 20 cm x 10 cm x 6 cm for block-shaped paving blocks and 6 cm x 6 cm x 6 cm for cube-shaped paving blocks. The conclusion of the research shows that the addition of limestone residue of a certain level can increase the compressive strength value and also the water absorption value of paving blocks. The highest average compressive strength value for paving blocks is 17.833 MPa at a variation of 20% and the highest value for paving block water absorption is 2.273% at a variation of 17.5%.

Key words : paving block, compressive strength, water absorption, gunung kidul

1. PENDAHULUAN

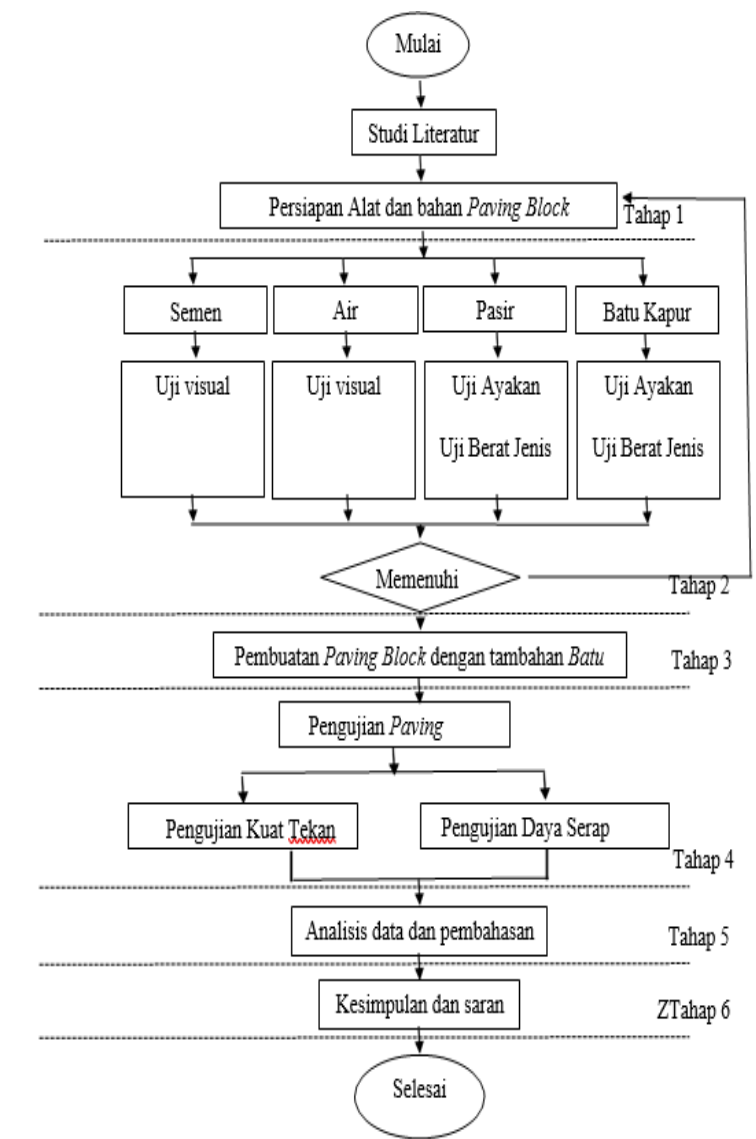
Kabupaten Gunung Kidul merupakan daerah dengan kawasan karst yang cukup luas. Sedikitnya ada 85% kawasan karst yang berpotensi dijadikan daerah penambangan dan industri galian yang menguntungkan pemerintah dan masyarakat sekitar. Pertambangan batu kapur di Kabupaten Gunung Kidul sudah berjalan cukup lama dengan sumber daya yang diperkirakan masih banyak. Selain itu penambangan batu kapur di Kabupaten Gunung Kidul juga menghasilkan sisa batu kapur yang belum dapat dimanfaatkan secara maksimal. Upaya untuk mengurangi sisa batu kapur yang dapat mencemari lingkungan akibat dari kegiatan perambangan batu kapur di Kabupaten Gunung Kidul tersebut peneliti menggunakan kesempatan ini untuk mencoba mengolah kembali (*recycle*) sisa batu kapur tersebut kedalam campuran *paving block*, dimana sisa batu kapur sebagai pengganti sebagian agregat halus pada campuran *paving block* belum banyak diteliti kuat tekan maupun daya serap airnya. Menurut SNI-03-0691-1996, *paving block* adalah suatu komponen bahan bangunan yang dibuat dari bahan campuran semen *portland* atau bahan perekat lainnya, air, dan agregat halus dengan atau tanpa menggunakan bahan campuran tambahan yang tidak mengurangi mutu *paving block* tersebut. *Paving block* memiliki banyak keunggulan seperti cara pemasangannya yang mudah, daya serap air yang baik, tahan terhadap cuaca, biaya perawatan murah, dan dapat menahan beban dalam batasan tertentu. *Paving block* dibuat menggunakan material utama berupa semen *portland*, air, serta agregat. Melihat sisa batu kapur di daerah pertambangan Kabupaten Gunung Kidul, peneliti mencoba untuk memanfaatkan sisa batu kapur tersebut sebagai pengganti sebagian agregat halus pada campuran material *paving block*.

2. METODE

Pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Ada beberapa tahapan mulai dari persiapan hingga kesimpulan yang diuraikan dibawah ini :

Tahap pertama pada penelitian ini adalah studi literatur, seperti mencari informasi atau referensi yang berkaitan dengan penelitian dan memahaminya. Studi literatur bertujuan agar penelitian ini berjalan dengan baik sesuai dengan penelitian yang pernah ada. Tahap kedua yaitu mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini. Bahan yang digunakan seperti semen, agregat halus, air, dan sisa batu kapur. Untuk alat yang digunakan dalam penelitian ini tersedia di pabrik *paving block* Elang Jaya. Tahap ketiga yaitu pengujian bahan yang sudah disediakan pada tahap kedua. Tahap ini adalah tahapan awal untuk pengujian bahan-bahan dasar penyusun sesuai

dengan yang disyaratkan. Tahap keempat yaitu perencanaan *mix desain* dan pembuatan benda uji. Tahapan perencanaan *mix desain* bertujuan untuk mengetahui jumlah bahan penyusun *paving block* yang dibutuhkan. Pembuatan benda uji dilakukan di pabrik *paving block* Elang Jaya. Tahap kelima yaitu pengujian benda uji yang sudah dibuat pada tahap keempat. Pengujian yang dilakukan pada benda uji pada tahapan ini adalah pengujian kuat tekan dan penyerapan air sesuai dengan SNI-03-0691-1996. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta setelah benda uji berumur 28 hari. Tahap keenam yaitu tahapan analisis dan pembahasan, setelah dilakukannya pengujian pada tahap kelima. Tahapan ini bertujuan untuk mendapatkan kesimpulan dari hasil pengujian yang sudah dianalisis.



Gambar 1. Flow Chart

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemeriksaan Agregat Halus

Pengujian agregat halus ini terdiri dari pengujian kandungan lumpur dan pengujian gradasi terhadap pasir merapi dan sisa batu kapur. Hasil dari pengujian agregat halus disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian Pasir Merapi

No	Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Standard Pengujian
1	Kandungan Lumpur	4,90%	Maks. 5%	SNI 03-1970-2008
2	MHB	3,79	1,5-3,8	SNI 03-1968-1990
3	Batas Zona	Zona 2		

Tabel 2. Hasil Pengujian Sisa Batu Kapur

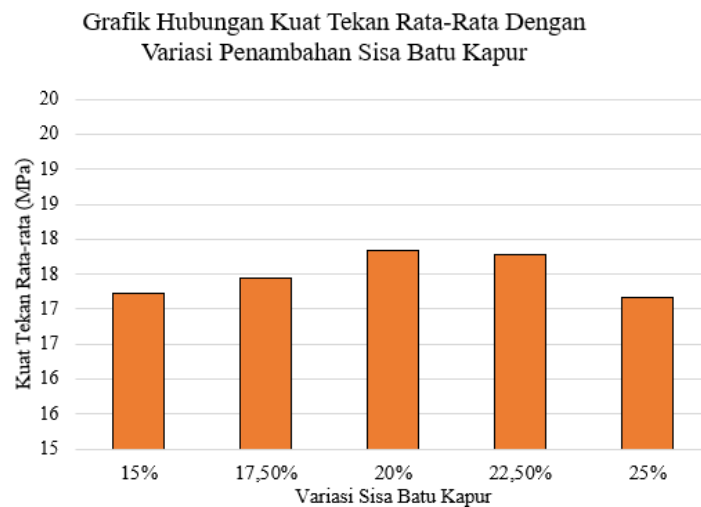
No	Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Standard Pengujian
1	Kandungan Lumpur	3,08%	Maks. 5%	SNI 03-1970-2008
2	MHB	3,17	1,5-3,8	SNI 03-1968-1990
3	Batas Zona	Zona 3		

3.2 Hasil Kuat Tekan *Paving Block*

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan memberi beban tambahan pada *paving block* sampai benda uji hancur dan beban maksimum yang dapat diampu oleh benda uji adalah ketika benda uji tersebut sudah hancur.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Presentase Campuran Sisa Batu Kapur	Kode	Luas Penampakan g (mm ²)	P (maks) (KN)	Kuat Tekan Maksimal	Kuat Tekan Rata-rata
15%	PV-T-15-01	3600	64	17,778	17,222
	PV-T-15-02	3600	64	17,778	
	PV-T-15-03	3600	67	18,611	
	PV-T-15-04	3600	58	16,111	
	PV-T-15-05	3600	57	15,833	
17,5%	PV-T-17,5-01	3600	61	16,944	17,444
	PV-T-17,5-02	3600	70	19,444	
	PV-T-17,5-03	3600	60	16,667	
	PV-T-17,5-04	3600	62	17,222	
	PV-T-17,5-05	3600	61	16,944	
20%	PV-T-20-01	3600	60	16,667	17,833
	PV-T-20-02	3600	70	19,444	
	PV-T-20-03	3600	63	17,500	
	PV-T-20-04	3600	66	18,333	
	PV-T-20-05	3600	62	17,222	
22,5%	PV-T-22,5-01	3600	56	15,556	17,778
	PV-T-22,5-02	3600	61	16,944	
	PV-T-22,5-03	3600	63	17,500	
	PV-T-22,5-04	3600	71	19,722	
	PV-T-22,5-05	3600	69	19,167	
25%	PV-T-25-01	3600	61	16,944	17,167
	PV-T-25-02	3600	65	18,056	
	PV-T-25-03	3600	58	16,111	
	PV-T-25-04	3600	59	16,389	
	PV-T-25-05	3600	66	18,333	



Gambar 2. Grafik Hubungan Kuat Tekan Rata-rata *Paving Block*

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 1 dapat dilihat nilai kuat tekan rata-rata *paving block* dengan penambahan sisa batu kapur sebesar 15 %, 17,5 %, 20 %, 22,5 %, dan 25 % terhadap berat pasir. Penambahan sisa batu kapur sebesar 15 % terhadap berat pasir menghasilkan nilai kuat tekan *paving block* sebesar 17,222 MPa. Pada variasi penambahan sisa batu kapur 17,5 % terhadap berat pasir mampu meningkatkan nilai kuat tekan *paving block* menjadi sebesar 17,444 MPa dan pada variasi penambahan sisa batu kapur 20 % terhadap berat pasir masih meningkatkan nilai kuat tekan *paving block* menjadi sebesar 17,833 MPa. Namun pada variasi penambahan sisa batu kapur 22,5 % nilai kuat tekan *paving block* mengalami penurunan menjadi 17,778 MPa. Variasi penambahan sisa batu kapur 25 % juga mengalami penurunan nilai kuat tekan *paving block* menjadi 17,167 MPa. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa penambahan sisa batu kapur dapat meningkatkan nilai kuat tekan *paving block* hingga mencapai 17,833 MPa pada variasi 20 % dan mengalami penurunan pada variasi berikutnya yaitu variasi 22,5 5 dan 25 %.

Peningkatan nilai kuat tekan *paving block* disebabkan karena sisa batu kapur yang digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus memiliki ukuran butir lebih halus dibandingkan pasir. Semakin banyak sisa batu kapur yang digunakan maka pori-pori dalam *paving block* semakin kecil sehingga *paving block* semakin padat dan kuat. Peningkatan nilai kuat tekan maksimal *paving block* pada penelitian ini terjadi pada variasi 20 % yaitu 17,833 MPa. Namun terjadi penurunan pada variasi 22,5 % dan 25 %, penurunan ini terjadi dikarenakan terlalu banyak penambahan sisa batu kapur yang

mengakibatkan berkurangnya fungsi sisa batu kapur sebagai bahan adiktif. Menurut SNI 03-0691-1996, *paving block* yang menggunakan sisa batu kapur sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan variasi 15 % - 25 % tersebut memenuhi kriteria *paving block* kelas B yang dapat digunakan sebagai perkerasan area parkir kendaraan. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan sisa batu kapur sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan kadar tertentu dalam *paving block* dapat meningkatkan nilai kuat tekannya, namun jika kadar sisa batu kapur terus ditambah maka akan mengurangi nilai kuat tekan *paving block* tersebut.

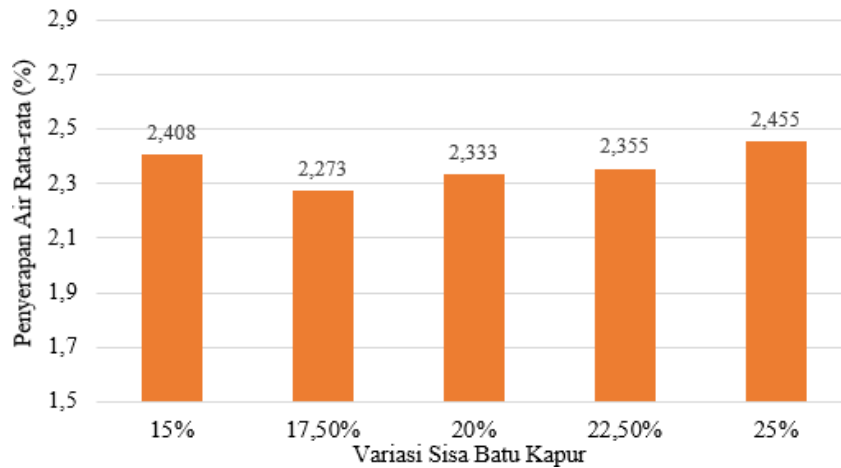
3.3 Hasil Penyerapan Air *Paving Block*

Hasil pengujian daya serap air dapat dilihat pada Tabel 4 dan gambar 2 berikut ini.

Tabel 4. Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

Presentase Campuran Sisa Batu Kapur	Kode	Berat Kering (gr)	Berat Jenuh Air (gr)	Berat Air (gr)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata (%)
15%	PV-T-15-01	2330	2390	60	2,575	2,408
	PV-T-15-02	2530	2595	65	2,569	
	PV-T-15-03	2440	2495	55	2,254	
	PV-T-15-04	2485	2545	60	2,414	
	PV-T-15-05	2245	2295	50	2,227	
17,5%	PV-T-17,5-01	2565	2615	50	1,949	2,273
	PV-T-17,5-02	2560	2610	50	1,953	
	PV-T-17,5-03	2550	2615	65	2,549	
	PV-T-17,5-04	2520	2580	60	2,381	
	PV-T-17,5-05	2565	2630	65	2,534	
20%	PV-T-20-01	2540	2590	50	1,969	2,333
	PV-T-20-02	2470	2535	65	2,632	
	PV-T-20-03	2440	2500	60	2,459	
	PV-T-20-04	2500	2560	60	2,400	
	PV-T-20-05	2495	2550	55	2,204	
22,5%	PV-T-22,5-01	2540	2595	55	2,165	2,355
	PV-T-22,5-02	2560	2620	60	2,344	
	PV-T-22,5-03	2495	2560	65	2,605	
	PV-T-22,5-04	2580	2640	60	2,326	
	PV-T-22,5-05	2570	2630	60	2,335	
25%	PV-T-25-01	2530	2585	55	2,174	2,455
	PV-T-25-02	2490	2550	60	2,410	
	PV-T-25-03	2505	2565	60	2,395	
	PV-T-25-04	2555	2620	65	2,544	
	PV-T-25-05	2545	2615	70	2,750	

Grafik Hubungan Penyerapan Air Rata-Rata Dengan Variasi Penambahan Sisa Batu Kapur



Gambar 3. Grafik Hubungan Penyerapan Air Rata-rata *Paving Block*

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai penyerapan air rata-rata *paving block* dengan penambahan sisa batu kapur sebesar 15 %, 17,5 %, 20 %, 22,5 %, dan 25 % terhadap berat pasir. Penambahan sisa batu kapur sebesar 15 % terhadap berat pasir menghasilkan nilai penyerapan air rata-rata *paving block* sebesar 2,408 %. Terjadi penurunan pada variasi 17,5 % yang menghasilkan nilai penyerapan air rata-rata sebesar 2,273 % dan pada variasi 20 % menghasilkan nilai penyerapan air rata-rata sebesar 2,333 %. Pada variasi 22,5 % terjadi peningkatan nilai penyerapan air rata-rata sebesar 2,355 % dan peningkatan juga pada variasi 25 % yang menghasilkan nilai penyerapan air rata-rata sebesar 2,455 %.

Peningkatan nilai penyerapan air *paving block* disebabkan karena sisa batu kapur yang digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus mempunyai penyerapan air yang lebih tinggi dibandingkan dengan pasir. Semakin banyak sisa batu kapur yang ditambahkan sebagai pengganti pasir maka semakin tinggi penyerapan air pada *paving block*. Menurut SNI 03-0691-1996, *paving block* yang menggunakan sisa batu kapur sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan variasi 15 % - 25 % tersebut memenuhi kriteria *paving block* kelas B yang dapat digunakan sebagai perkerasan area parkir kendaraan. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan sisa batu kapur sebagai pengganti sebagian agregat halus dalam *paving block* dapat meningkatkan nilai penyerapan airnya.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Penambahan sisa batu kapur sebesar 15 % terhadap berat pasir menghasilkan nilai kuat tekan *paving block* sebesar 17,222 MPa. Pada variasi penambahan sisa batu kapur 17,5 % terhadap berat pasir mampu meningkatkan nilai kuat tekan *paving block* menjadi sebesar 17,444 MPa dan pada variasi penambahan sisa batu kapur 20 % terhadap berat pasir masih meningkatkan nilai kuat tekan *paving block* menjadi sebesar 17,833 MPa. Namun pada variasi penambahan sisa batu kapur 22,5 % nilai kuat tekan *paving block* mengalami penurunan menjadi 17,778 MPa. Variasi penambahan sisa batu kapur 25 % juga mengalami penurunan nilai kuat tekan *paving block* menjadi 17,167 MPa.

Penambahan sisa batu kapur sebesar 15 % terhadap berat pasir menghasilkan nilai penyerapan air rata-rata *paving block* sebesar 2,408%. Terjadi penurunan pada variasi 17,5 % yang menghasilkan nilai penyerapan air rata-rata sebesar 2,273 % dan pada variasi 20 % menghasilkan nilai penyerapan air rata-rata sebesar 2,333 %. Pada variasi 22,5 % terjadi peningkatan nilai penyerapan air rata-rata sebesar 2,355 % dan peningkatan juga pada variasi 25 % yang menghasilkan nilai penyerapan air rata-rata sebesar 2,455 %.

Penambahan sisa batu kapur dengan kadar tertentu dapat meningkatkan nilai kuat tekan *paving block*, namun sebaliknya semakin besar kadar sisa batu kapur yang ditambahkan maka akan mengurangi kuat tekannya. Peningkatan tersebut terjadi karena sisa batu kapur dapat meningkatkan ikatan agregat halus seperti halnya semen *portland* serta sisa batu kapur memiliki ukuran butir lebih halus dibandingkan pasir yang menjadikan pori-pori dalam *paving block* semakin kecil sehingga *paving block* semakin padat dan kuat.

Penambahan sisa batu kapur dengan kadar tertentu dapat meningkatkan nilai penyerapan air *paving block*. Peningkatan tersebut terjadi karena sisa batu kapur memiliki daya serap air yang lebih tinggi dibandingkan dengan pasir serta semakin banyak jumlah sisa batu kapur yang digunakan maka akan semakin *pourus* yaitu semakin mudah dan cepat untuk meloloskan atau menyerap air.

Dari hasil penelitian dan pembahasan, menurut SNI 03-0961-1996 *paving block* dengan penambahan sisa batu kapur sebagai substitusi agregat halus termasuk dalam mutu B dan dapat digunakan sebagai perkerasan area parkir kendaraan.

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan maksimal yang didapat dari penambahan sisa batu kapur terhadap berat pasir pada *paving block* terjadi pada variasi 20 % dengan nilai kuat tekan sebesar 17,833 Mpa dan untuk nilai penyerapan air maksimal terjadi pada variasi 17,5 % sebesar 2,273 %.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sisa batu kapur dapat menjadi salah satu pilihan bahan tambah dalam pembuatan *paving block* dengan tetap memperhatikan komposisi dari campuran *paving block* tersebut.

4.2 Saran

Perlu dilakukannya pengujian kandungan kimia sisa batu kapur yang lebih akurat untuk mendapatkan karakteristik batu kapur secara spesifik.

Perlu diperhatikan berat setiap bahan yang digunakan pada saat proses pembuatan *paving block* supaya mendapatkan berat yang sama pada setiap sampelnya. Pada proses pemotongan sampel *paving block* perlu diperhatikan kesimetrisan pemotongan karena berpengaruh pada hasil nilai kuat tekannya. Pada proses pengeringan sampel menggunakan oven perlu diperhatikan suhu dan waktu pengeringan agar sampel *paving block* dapat kering maksimal. Perlu dilakukannya penelitian penggunaan sisa batu kapur dengan meninjau nilai aspek ekonomi penggunaannya serta mengenalkan kepada masyarakat sekitar tambang batu kapur karena dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM-C33, 2003, Standard Specification for Concrete Aggregates, Annual Books of ASTM standards, USA.
- Algunadi, I. G., Astawa, I. B. M., & Sutarjo. 2016. *Analisis Dampak Penambangan Batu Kapur Terhadap Lingkungan Di Kecamatan Nusa Penida. 1.*
- Aziz, M. 2010. Batu Kapur dan Peningkatan Nilai Tambah Serta Spesifikasi untuk Industri. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 3(6), 116–131.
- BSI. 1993. *Precast concrete paving blocks.*
- Badan Standarisasi Nasional, 2002. SNI 03-6820-2002, Spesifikasi agregat halus untuk pekerjaan adukan dan plesteran dengan bahan dasar semen. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standart Nasional. 2008. SNI 1970:2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan

- Air Agregat Halus. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. SNI 7974:2013. Spesifikasi Air Yang Digunakan Dalam Produksi Beton Hidraulis (ASTM C1602-06, IDT). Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. Standar Nasional Indonesia (SNI)15-2049- 2015.
- Concrete Manufacturers Association. 2009. *Concrete Block Paving: A walk-over in cost, looks and durability for Concrete Block Paving*.
- De Larrard, F., & Sedran, T. 1990. *Mixture-proportioning of high-performance concrete*. *Cement and Concrete Research*, 32(11), 1699–1704.
- Gunawan, A. 2014. *Pengaruh Campuran Dua Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton*. 6(1).
- Heru, L. 2008. *Studi perbandingan penggunaan jenis-jenis agregat halus terhadap karakteristik uji marshal pada campuran lataston di kabupaten ketapang*.
- Kadir, L. A. 2019. *Komposisi Kimia Batu Kapur Alam dari Indutri Kapur Kabupaten Kolaka Sulawesi Tenggara*. 5(2), 104–108.
- Lailiyah, Q., Baqiya, M. A., & Darminto, D. 2012. *Pengaruh Temperatur dan Laju Aliran Gas CO₂ pada Sintesis Kalsium Karbonat Presipitat dengan Metode Bubbling*. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 1(1), B6–B10.
- Lismiatun, Fadilah, Matta, E. H. Y. D., & Ellesia, N. 2021. *Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga Sebagai Media Belajar pada SD Negeri Pamulang Permai*. 2(1), 9–14.
- Marzuki, I. 2009. *Analisis Penambahan Additive Batu Gamping Terhadap Kualitas Komposisi Kimia Semen Portland*. *Jurnal Chemica*, 10(1), 64–70.
- Mughni, M. A., Agustin, R. S., & Siswanto, B. 2020. *Pengaruh Limbah Batu Kapur Kabupaten Lamongan Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus*. 6(2).
- Noviyanti, Jasruddin, & Sujiono, E. H. 2013. *Karakterisasi Kalsium Karbonat (Ca(CO₃)) dari Batu Kapur Kelurahan Tellu Limpoe Kecamatan Suppa*. 169– 172.
- Pomantow, S. Y., Jansen, F., & Waani, J. E. 2019. *Kinerja Campuran AC-WC dengan Menggunakan Agregat dari Batu Kapur*. *Jurnal Sipil Statik*, 7(2), 219– 228.
- SNI03-0691-1996. 1996. *Bata Beton (Paving Block)*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 15-2049-2004. 2004. *Semen Portland*. Badan Standardisasi Nasional (BSN), 1–128.
- SNI 15-2049-2004 *Semen Portland*
- SNI T-15-1990-03. *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal*,

Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.

Sulianti, I. K. A. 2018. *Analisis Pengaruh Besar Butiran Agregat Kasar terhadap Kuat Tekan Beton Normal.*

Sulistyo, J. 2008. *Analisis Persebaran Potensi Gua Karst di Kecamatan Giritontro Kabupaten Wonogiri untuk Usaha Konservasi Kawasan Karst.*

Yanita, R. 2017. *Manfaat Faktor Konversi untuk Pengujian Kuat Tekan Paving- Block.*

Yulaekah, S. 2015. *Paparan Debu Terhirup dan Gangguan Fungsi Paru pada Pekerja Industri Batu Kapur (Studi Di Desa Mrisi Kecamatan Tanggunharjo Kabupaten Grobogan).*