

Analisis Pengaruh Batu Kapur Puger, Jember Sebagai Substitusi Agregat Kelas B Berdasarkan Uji CBR

Septiana Dwi Wahyuni¹, Ilanka Cahya Dewi², Arief Alihudien³

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember, Jember, Indonesia

³ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember, Jember, Indonesia

Corresponding Author: septianadwiwhy@gmail.com

Abstrak

Pemanfaatan material lokal sebagai alternatif agregat perkerasan jalan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh substitusi batu kapur terhadap karakteristik fisik, pemadatan, dan daya dukung agregat kelas B berdasarkan nilai *California Bearing Ratio* (CBR). Penelitian dilakukan secara eksperimen di laboratorium menggunakan variasi substitusi batu kapur sebesar 0%, 5%, 10%, dan 20%. Pengujian meliputi analisis saringan, berat jenis, penyerapan air, abrasi Los Angeles, batas Atterberg, *Modified Proctor*, dan CBR rendaman sesuai SNI serta Spesifikasi Umum Bina Marga 2025. Hasil penelitian menunjukkan bahwa agregat kelas B dan batu kapur memenuhi persyaratan karakteristik fisik dan gradasi. Peningkatan substitusi batu kapur meningkatkan kadar air optimum dari 7,27% menjadi 7,57% serta menurunkan berat volume kering maksimum dari 2,01 g/cm³ menjadi 1,88 g/cm³. Nilai CBR juga menurun dari 63,95% menjadi 55,91%. Substitusi batu kapur hingga 10% masih memenuhi persyaratan minimum CBR sebesar 60%, sehingga direkomendasikan sebagai batas optimum penggunaan batu kapur pada agregat kelas B.

Kata Kunci: Agregat Kelas B; Batu Kapur Puger; *California Bearing Ratio* (CBR); Proctor Modifikasi; Lapis Pondasi Jalan

Abstract

The utilization of local materials as an alternative for pavement aggregates can improve the efficient use of natural resources. This study aims to evaluate the effect of limestone substitution on the physical properties, compaction characteristics, and bearing capacity of Class B aggregate based on the California Bearing Ratio (CBR). Laboratory experiments were conducted using limestone substitution levels of 0%, 5%, 10%, and 20%. The tests included sieve analysis, specific gravity, water absorption, Los Angeles abrasion, Atterberg limits, Modified Proctor, and soaked CBR in accordance with SNI and the 2025 Bina Marga General Specifications. The results showed that both Class B aggregate and limestone satisfied the required physical property and gradation standards. Increasing limestone substitution raised the optimum moisture content from 7.27% to 7.57% and reduced the maximum dry density from 2.01 g/cm³ to 1.88 g/cm³. The CBR value also decreased from 63.95% to 55.91%. Limestone substitution of up to 10% still met the minimum CBR requirement of 60%, making it the recommended optimum substitution level for Class B aggregate.

Keywords: Class B aggregate, limestone, *California Bearing Ratio* (CBR), *Modified Proctor*, pavement base course.



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

1. PENDAHULUAN

Perkerasan jalan adalah lapisan sebagai penopang beban kendaraan agar tidak langsung bertumpu pada tanah asli, sehingga kendaraan dapat bergerak dengan optimal. Struktur perkerasan meliputi lapisan pondasi agregat yang berperan penting dalam mencapai daya dukung pondasi yang sesuai standar. Karena tanah asli umumnya tidak memiliki kepadatan dan daya dukung yang memadai, diperlukan perbaikan melalui penambahan agregat dengan kualitas kepadatan dan kekuatan yang lebih tinggi. Secara umum, lapisan agregat ini dibagi menjadi Lapisan Pondasi Bawah dan Lapisan Pondasi Atas (Wiratnata et al., 2021). Lapis pondasi bawah (*subbase course*) merupakan campuran agregat kasar dan agregat halus, dengan atau tanpa kandungan clay (Yuda dkk. 2023). Lapis pondasi agregat kelas B adalah salah satu komponen penting dalam struktur perkerasan lentur, di mana nilai California Bearing Ratio (CBR) menjadi parameter utama kelayakan material. Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2025), persyaratan lapis pondasi agregat kelas B mengalami penyesuaian, termasuk peningkatan batas minimum nilai CBR serta pengetatan batas plastisitas dan fines. Lapisan ini berfungsi membentuk pondasi perkerasan yang cukup tebal dengan biaya yang lebih ekonomis. Persyaratan terkait kepadatan dan kadar air biasanya ditetapkan berdasarkan hasil pengujian di laboratorium maupun di lapangan (Yuda dkk. 2023).

Selama ini material yang umum digunakan adalah batu pecah, namun ketersediaannya pada beberapa daerah terbatas sehingga diperlukan alternatif material lokal yang lebih mudah diperoleh. Batu kapur merupakan salah satu material yang potensinya besar untuk digunakan sebagai substitusi agregat karena sifat fisik dan ketersediaannya yang melimpah. Salah satu wilayah dengan potensi material lokal yang besar adalah Kabupaten Jember, Kecamatan Puger, khususnya di Desa Grenden, yang dikenal sebagai daerah penghasil batu gamping. Hal ini disebabkan oleh keberadaan bukit kapur, yang lebih dikenal sebagai Gunung Sadeng. Material batu kapur di wilayah ini banyak dimanfaatkan untuk kebutuhan industri dan konstruksi, sehingga membuka peluang pemanfaatannya sebagai material substitusi agregat kelas B dalam struktur perkerasan jalan. Beberapa penelitian sebelumnya telah mencoba meninjau penggunaan batu kapur sebagai substitusi agregat pada lapis pondasi. Penelitian Suardi dkk. (2023) menunjukkan bahwa substitusi batu kapur 10% pada agregat kelas B menghasilkan nilai CBR sebesar 61%, memenuhi syarat minimum, namun variasi komposisi yang diuji masih terbatas pada 0%, 10%, dan 20%. Pada penelitian Masbahrin et al. (2021) mengombinasikan batu kapur dengan bottom ash,

namun tidak meninjau pengaruh batu kapur sebagai substitusi tunggal serta komposisi optimal terhadap nilai CBR. Penelitian lainnya hanya menguji substitusi batu kapur dalam jumlah yang terbatas serta belum menguraikan secara rinci penyebab turunnya nilai CBR maupun kemungkinan adanya persentase substitusi lain yang dapat menghasilkan kinerja yang lebih baik. Selain itu, belum banyak penelitian yang mengkaji komposisi optimum batu kapur yang mampu meningkatkan daya dukung lapis pondasi kelas B berdasarkan standar Bina Marga.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh substitusi batu kapur pada agregat kelas B terhadap daya dukung lapis pondasi perkerasan jalan menggunakan data pengujian CBR laboratorium dengan studi kasus material batu kapur berasal dari Gunung Sadeng Puger, Kabupaten Jember. Hasil penelitian diharapkan dapat diperoleh informasi yang lebih komprehensif mengenai kelayakan, potensi penggunaan batu kapur sebagai material alternatif perkerasan, serta menawarkan alternatif agregat yang lebih ekonomis

2. TINJAUAN PUSTAKA

Lapis Pondasi Agregat Kelas B

Agregat kelas B merupakan material yang digunakan sebagai lapis pondasi bawah (*subbase course*) pada konstruksi perkerasan jalan. Lapis ini berfungsi menyebarkan beban lalu lintas dari lapisan di atasnya ke tanah dasar, sehingga dapat meningkatkan stabilitas dan umur layanan perkerasan. Material agregat kelas B harus memenuhi persyaratan gradasi, berat jenis, penyerapan air, ketahanan aus, plastisitas, dan daya dukung sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2025 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2025).

Batu Kapur Sebagai Material Substitusi Agregat

Batu kapur (*limestone*) merupakan batuan sedimen yang tersusun dominan oleh mineral kalsium karbonat (CaCO_3). Material ini memiliki berat jenis relatif lebih rendah dan penyerapan air lebih tinggi dibandingkan agregat batuan keras karena struktur porinya lebih besar. Ketersediaannya yang melimpah menjadikan batu kapur berpotensi dimanfaatkan sebagai material substitusi agregat pada lapis pondasi jalan, dengan tetap mempertimbangkan proporsi penggunaannya agar tidak menurunkan karakteristik mekanis campuran (Masbahrin et al., 2021).

Karakteristik Agregat

Karakteristik agregat merupakan parameter penting yang menentukan kualitas material lapis pondasi. Pengujian yang dilakukan meliputi analisis gradasi, berat jenis dan penyerapan air, abrasi Los Angeles, serta batas Atterberg. Gradasi

yang baik menghasilkan susunan butiran yang rapat sehingga meningkatkan kepadatan, sedangkan berat jenis, penyerapan, abrasi, dan plastisitas memengaruhi ketahanan material terhadap beban, perubahan kadar air, serta deformasi selama masa pelayanan (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2025).

Pengujian Modified Proctor

Pengujian *Modified Proctor* digunakan untuk menentukan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content / OMC*) dan berat volume kering maksimum (*Maximum Dry Density / MDD*). Nilai OMC menunjukkan kadar air yang menghasilkan kepadatan maksimum, sedangkan MDD menunjukkan tingkat kepadatan tertinggi yang dapat dicapai melalui proses pemadatan. Kedua parameter tersebut menjadi dasar dalam pelaksanaan pengujian California Bearing Ratio (CBR) (SNI 1743:2012).

California Bearing Ratio (CBR)

California Bearing Ratio (CBR) merupakan metode pengujian yang digunakan untuk menentukan daya dukung material lapis pondasi. Nilai CBR diperoleh dari perbandingan beban penetrasi sampel terhadap beban standar dan dinyatakan dalam persen. Semakin tinggi nilai CBR, semakin baik kemampuan material dalam menahan beban lalu lintas. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2025, agregat kelas B harus memiliki nilai CBR rendaman minimum sebesar 60% (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2025).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi batu kapur terhadap karakteristik agregat kelas B berdasarkan parameter uji fisik, pemadatan, dan nilai *California Bearing Ratio* (CBR). Lokasi pengambilan sampel material batu kapur diperoleh dari kawasan pertambangan batu kapur di Gunung Sadeng, Desa Grenden, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember. Seluruh proses pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Laboratorium Bahan dan Konstruksi, dan Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jember Jl. Karimata No. 49, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember. Untuk lokasi penelitian ditampilkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi pengambilan Sampel
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung melalui pengambilan sampel material, observasi lapangan, serta pengujian laboratorium yang meliputi analisis saringan, berat jenis dan penyerapan air, batas Atterberg, abrasi Los Angeles, pemadatan, dan CBR rendaman. Seluruh hasil pengujian dicatat dalam lembar data laboratorium sebagai dasar analisis penelitian. Sementara itu, data sekunder diperoleh melalui studi literatur dari buku, jurnal, standar teknis, dan penelitian terdahulu yang relevan. Data tersebut digunakan sebagai landasan teoritis, acuan metodologi, serta pembandingan dalam menganalisis hasil penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Karakteristik Fisik Agregat

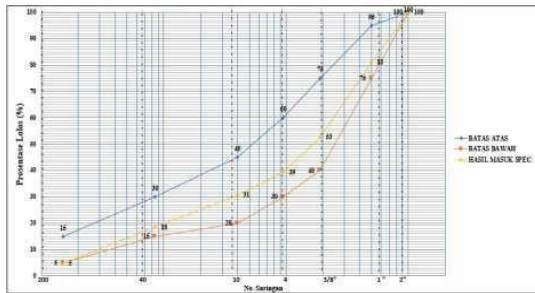
Pengujian karakteristik fisik agregat dilakukan untuk mengevaluasi kelayakan material agregat kelas B yang disubstitusi dengan batu kapur sebelum digunakan dalam pengujian lanjutan, khususnya pengujian pemadatan dan nilai California Bearing Ratio (CBR). Parameter yang dianalisis meliputi gradasi agregat, berat jenis dan penyerapan air, ketahanan aus (abrasi), serta batas-batas Atterberg. Hasil pengujian ini menjadi dasar dalam menilai kesesuaian material terhadap spesifikasi umum Bina Marga 2025.

a) Analisis Lolos Saringan Untuk Mencari Gradasi

Hasil pengujian analisis saringan terhadap material sirtu (pasir batu) disajikan pada Tabel 1 berikut

Tabel 1. Hasil Analisis Saringan Sirtu		
No	Gradasi	
Saringan (mm)	% Lolos	Spesifikasi (%)
50	100	100
25	81	75 - 95
9.5	53	40 - 75
4.75	39	30 - 60
2	31	20 - 45
0.425	18	15 - 30
0.075	5	5 - 15

(Sumber: Hasil Perhitungan Penulis, 2026)



Gambar 2. Grafik Gradasi Pasir Batu
(Sumber: Hasil Perhitungan Penulis, 2026)

Berdasarkan hasil pengujian analisis saringan, material sirtu (pasir batu) menunjukkan sebaran ukuran butir yang memenuhi persyaratan gradasi agregat kelas B. Nilai persentase lolos pada saringan ukuran 25 mm, 9,5 mm, dan 4,75 mm masing-masing sebesar 81%, 53%, dan 39%, yang masih berada dalam rentang spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga 2025. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa material sirtu memiliki susunan gradasi yang cukup baik, sehingga dapat membentuk ikatan antarbutir yang kuat. Kondisi ini memungkinkan partikel-partikel agregat tersusun lebih padat, mengurangi jumlah rongga di dalam campuran, serta mendukung peningkatan kestabilan dan daya dukung lapisan pondasi jalan. Di samping itu, persentase material yang lolos saringan No. 200 sebesar 5% masih memenuhi batas yang dipersyaratkan. Kandungan butiran halus yang tidak berlebihan ini membantu menjaga kinerja material sehingga tidak menimbulkan penurunan kekuatan akibat dominasi fraksi halus dalam campuran.

b) Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air pada masing-masing material disajikan pada Tabel 2.

Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Fraksi
3-5

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Satuan
1	Penyerapan (%)	1.15	Gram
2	Berat Jenis Bulk	2.61	Gram
3	Berat SSD	2.64	Gram
4	Berat Jenis <i>Apparent</i>	2.70	Gram

Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Fraksi
2-3

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Satuan
1	Penyerapan (%)	1.21	Gram
2	Berat Jenis Bulk	2.61	Gram
3	Berat SSD	2.64	Gram
4	Berat Jenis <i>Apparent</i>	2.69	Gram

Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Fraksi
1-2

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Satuan
1	Penyerapan (%)	1.24	Gram
2	Berat Jenis Bulk	2.58	Gram
3	Berat SSD	2.62	Gram
4	Berat Jenis <i>Apparent</i>	2.67	Gram

Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Fraksi
Sirtu

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Satuan
1	Penyerapan (%)	1.97	Gram
2	Berat Jenis Bulk	2.53	Gram
3	Berat SSD	2.58	Gram
4	Berat Jenis <i>Apparent</i>	2.66	Gram

Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Fraksi
Batu Kapur

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Satuan
1	Penyerapan (%)	2.29	Gram
2	Berat Jenis Bulk	2.45	Gram
3	Berat SSD	2.51	Gram
4	Berat Jenis <i>Apparent</i>	2.60	Gram

(Sumber: Hasil Perhitungan Pribadi, 2026)

Berdasarkan hasil pengujian, agregat kelas B memiliki nilai berat jenis bulk sebesar 2,53–2,61, sedangkan batu kapur sebesar 2,45. Nilai tersebut menunjukkan bahwa batu kapur memiliki massa jenis lebih rendah karena struktur materialnya yang lebih berpori. Selain itu, nilai penyerapan air batu kapur (2,29%) lebih tinggi dibandingkan agregat kelas B (1,15–1,97%), yang menunjukkan kemampuan menyerap air lebih besar. Perbedaan karakteristik tersebut menyebabkan penggunaan batu kapur sebagai material substitusi cenderung menurunkan berat volume kering maksimum (γ_d max) dan meningkatkan kebutuhan kadar air pada proses pemadatan. Meskipun demikian, hasil pengujian menunjukkan bahwa batu kapur masih layak digunakan sebagai material substitusi agregat kelas B dengan memperhatikan persentase penggunaannya.

c. Pengujian Abrasi

Hasil pengujian abrasi agregat disajikan pada Tabel 3 berikut.

Jenis Agregat	Hasil Abrasi %	Spesifikasi Bina Marga 2025
Sirtu	21.77	< 40
Kapur	24.28	< 40

(Sumber: Hasil Perhitungan Penulis, 2026)

Hasil pengujian abrasi menunjukkan bahwa nilai keausan agregat sirtu sebesar 21,77% dan batu kapur sebesar 24,28%. Kedua material masih memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2025 karena memiliki nilai abrasi di bawah batas maksimum 40%. Meskipun demikian, nilai abrasi batu kapur yang lebih tinggi menunjukkan ketahanan terhadap keausan yang lebih rendah dibandingkan agregat sirtu, sehingga penggunaannya sebagai material substitusi perlu memperhatikan persentase campuran agar kinerja lapis pondasi tetap optimal.

d) Pengujian Batas-Batas Atterberg

Hasil indeks plastis pada agregat kelas B dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} PI &= LL - PL \\ &= 21.26 - 16.97 \\ &= 4.29 \end{aligned}$$

Hasil pengujian menunjukkan nilai indeks plastisitas (PI) sebesar 4,29, yang masih memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga untuk agregat kelas B (PI = 4–10). Nilai PI yang relatif rendah menunjukkan material memiliki plastisitas rendah sehingga lebih stabil terhadap perubahan kadar air dan layak digunakan sebagai material lapis pondasi.

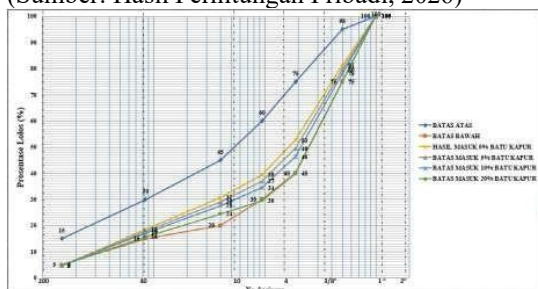
e) Gradasi Campuran dengan Substitusi Batu Kapur

Berdasarkan hasil analisis saringan yang telah dilakukan, diperoleh distribusi ukuran butiran agregat pada setiap variasi substitusi batu kapur. Hasil lengkap pengujian gradasi disajikan pada Tabel 4 berikut

Tabel 4. Gradasi Campuran

No Saringan (mm)	% Lolos Sirtu: Batu Kapur				Spec.
	100%	95% : 0%	90% : 5%	80% : 10% : 20%	
50	100	100	100	100	100
25	81	80	78	75	75 - 95
9.5	53	49	46	40	40 - 75
4.75	39	37	34	30	30 - 60
2	31	29	28	24	20 - 45
0.425	18	18	17	16	15 - 30
0.075	5	5	5	5	5 - 15

(Sumber: Hasil Perhitungan Pribadi, 2026)



Gambar 3. Gradasi Komposisi Campuran
(Sumber: Hasil Perhitungan Pribadi, 2026)

Berdasarkan hasil analisis saringan yang disajikan pada Tabel 2, seluruh variasi campuran masih memenuhi rentang gradasi agregat kelas B yang ditetapkan dalam spesifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan batu kapur hingga variasi yang digunakan dalam penelitian belum menyebabkan campuran keluar dari batas gradasi yang dipersyaratkan. Meskipun demikian, semakin tinggi proporsi batu kapur yang ditambahkan, terlihat adanya perubahan pada distribusi ukuran butiran yang ditunjukkan oleh penurunan persentase lolos pada beberapa ukuran saringan. Perubahan tersebut mengindikasikan adanya pergeseran komposisi gradasi dalam campuran agregat. Dari sisi teknis, penggunaan batu kapur sebagai material substitusi dapat memengaruhi susunan antarbutir agregat. Karakteristik batu kapur yang cenderung lebih lunak dibandingkan agregat keras menyebabkan kemampuan penguncian (interlocking) antarpartikel menjadi berkurang. Walaupun seluruh campuran masih memenuhi spesifikasi gradasi, perubahan karakteristik tersebut dapat memengaruhi tingkat kepadatan dan nilai daya dukung material yang dihasilkan.

f) Pengujian Pemadatan (*Modified Proctor*)

Tujuan pengujian pemadatan adalah untuk menentukan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content/OMC*) dan berat volume kering maksimum (*Maximum Dry Density/MDD*) pada campuran agregat kelas B dengan substitusi batu kapur ukuran ½. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Modified Proctor* untuk mengetahui pengaruh variasi kadar batu kapur terhadap karakteristik pemadatan campuran. Nilai OMC menunjukkan kadar air yang diperlukan untuk mencapai kepadatan optimum, sedangkan nilai MDD menunjukkan kepadatan maksimum yang dapat dicapai. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kadar Air dan Berat Volume Kering

Komposisi Variasi		Berat Volume Kering (gr/cm ³)	Kadar Air Optimum (%)
Batu Kapur (%)	Agregat (%)		
0	100	2.01	7.27
5	95	1.96	7.34
10	90	1.93	7.50
20	80	1.88	7.57

(Sumber: Hasil Perhitungan Pribadi, 2026)

Berdasarkan hasil pengujian *Modified Proctor* pada Tabel 3, penggunaan batu kapur sebagai substitusi pada agregat kelas B menunjukkan adanya perubahan pada nilai kadar air optimum (OMC) dan berat volume kering

maksimum (yd max). Seiring bertambahnya persentase batu kapur, nilai OMC cenderung meningkat, sedangkan nilai yd max mengalami penurunan. Kenaikan kadar air optimum mengindikasikan bahwa campuran memerlukan air lebih banyak agar proses pemadatan dapat berlangsung secara efektif. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik butiran batu kapur yang menyebabkan terbentuknya rongga antarpartikel yang lebih besar dibandingkan agregat normal. Di sisi lain, menurunnya nilai yd max menunjukkan bahwa tingkat kepadatan maksimum yang dicapai semakin rendah. Kondisi tersebut dapat disebabkan oleh berkurangnya penguncian antarbutir, sifat batu kapur yang relatif mudah pecah, serta perubahan susunan gradasi akibat substitusi material. Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar batu kapur cenderung menurunkan kualitas pemadatan campuran dan berpotensi memengaruhi daya dukung lapis pondasi.

Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) dilakukan untuk mengetahui daya dukung campuran agregat kelas B dengan variasi substitusi batu kapur pada fraksi agregat ukuran 1/2 ($\pm 12,5$ mm). Pengujian ini menggunakan kondisi rendaman (soaked) yang disesuaikan dengan kondisi lapis pondasi di laboratorium. Hasil pengujian CBR untuk masing-masing variasi campuran disajikan pada Tabel 6 berikut.

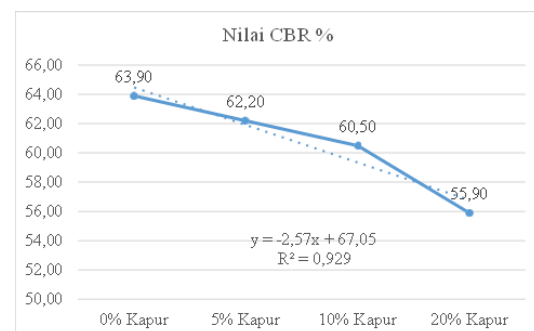
Tabel 6. Pengujian CBR

Komposisi		Nilai CBR (%)
Sirtu (%)	Kapur (%)	
100	0	63,90
95	5	62,20
90	10	60,50
80	20	55,90

(Sumber: Hasil Perhitungan Penulis, 2026)

Berdasarkan Tabel 4. Campuran agregat kelas B tanpa substitusi batu kapur (0%) menghasilkan nilai CBR sebesar 63,90%. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan Bina Marga, yaitu minimal 60%, sehingga menunjukkan bahwa material memiliki daya dukung yang baik untuk digunakan sebagai lapis pondasi jalan. Tingginya nilai CBR pada kondisi ini dipengaruhi oleh susunan agregat yang masih optimal, sehingga mampu menghasilkan kepadatan yang tinggi dan penguncian antarbutir (interlocking) yang kuat dalam menahan beban. Pada variasi substitusi batu kapur sebesar 5%, nilai CBR menurun menjadi 62,20%. Meskipun terjadi penurunan, nilainya masih berada di atas batas minimum spesifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan batu kapur dalam jumlah

kecil belum memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan campuran dalam menahan beban. Struktur agregat masih relatif stabil dan distribusi butiran masih mampu mempertahankan kinerja material. Pada substitusi 10%, nilai CBR kembali mengalami penurunan menjadi 60,50%. Nilai ini masih memenuhi persyaratan, namun sudah sangat mendekati batas minimum yang ditetapkan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kadar batu kapur mulai memengaruhi karakteristik mekanis campuran. Berkurangnya kepadatan maksimum dan menurunnya kualitas interlocking antarbutir menyebabkan kemampuan material dalam menerima beban menjadi lebih rendah dibandingkan campuran tanpa substitusi. Sementara itu, pada substitusi 20%, nilai CBR turun menjadi 55,90% sehingga tidak lagi memenuhi spesifikasi Bina Marga. Penurunan ini menunjukkan bahwa penggunaan batu kapur dalam jumlah yang lebih besar memberikan dampak yang cukup nyata terhadap daya dukung material. Sifat batu kapur yang relatif lebih mudah hancur dibandingkan agregat keras menyebabkan kekuatan campuran menurun. Selain itu, peningkatan kadar batu kapur juga memengaruhi susunan butiran dan proses pemadatan sehingga kepadatan yang dicapai menjadi lebih rendah. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan adanya hubungan berbanding terbalik antara persentase substitusi batu kapur dan nilai CBR. Semakin besar proporsi batu kapur yang digunakan, semakin rendah nilai daya dukung campuran yang dihasilkan. Berdasarkan hasil tersebut, penggunaan batu kapur masih dapat diterapkan pada kadar tertentu, namun perlu dibatasi agar nilai CBR tetap memenuhi persyaratan teknis sebagai lapis pondasi agregat kelas B. Lalu ditampilkan Grafik nilai CBR pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Nilai CBR

(Sumber: Hasil Perhitungan Penulis, 2026)

Berdasarkan hasil analisis regresi linier, diperoleh persamaan hubungan antara kadar batu kapur dan nilai CBR sebesar $y = -2,57x + 67,05$ dengan nilai koefisien determinasi ($R^2 = 0,929$). Nilai R^2 yang mendekati 1 menunjukkan bahwa variasi kadar batu kapur memiliki pengaruh yang

kuat terhadap perubahan nilai CBR. Pola hubungan yang terbentuk menunjukkan kecenderungan penurunan nilai CBR seiring bertambahnya persentase batu kapur dalam campuran. Dari grafik terlihat bahwa nilai CBR mengalami penurunan dari 63,90% pada kondisi tanpa substitusi menjadi 55,90% pada substitusi 20%. Nilai kemiringan garis regresi yang negatif mengindikasikan bahwa peningkatan kadar batu kapur diikuti oleh penurunan kemampuan daya dukung material. Kondisi ini diduga terjadi karena penambahan batu kapur memengaruhi tingkat kepadatan campuran serta mengurangi efektivitas penguncian antarbutir agregat dalam menahan beban. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa tidak terdapat titik optimum pada rentang variasi yang diuji, karena tren hubungan yang terbentuk cenderung terus menurun. Dengan demikian, semakin besar persentase batu kapur yang digunakan, semakin rendah nilai CBR yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan, penggunaan batu kapur sebagai material substitusi agregat kelas B masih dapat dipertimbangkan pada kadar terbatas, yaitu sekitar 5%–10%. Pada rentang tersebut, nilai CBR masih memenuhi persyaratan teknis yang berlaku dan penurunan daya dukung yang terjadi belum terlalu signifikan dibandingkan kondisi tanpa substitusi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pemanfaatan batu kapur Puger, Kabupaten Jember sebagai substitusi agregat kelas B, dapat disimpulkan bahwa penambahan batu kapur memengaruhi karakteristik pemadatan dan daya dukung campuran. Seluruh variasi campuran masih memenuhi persyaratan gradasi agregat kelas B, namun peningkatan kadar batu kapur menyebabkan nilai berat volume kering maksimum (MDD) menurun dan kadar air optimum (OMC) meningkat. Selain itu, nilai CBR menunjukkan tren penurunan seiring bertambahnya persentase batu kapur, yaitu dari 63,90% pada campuran tanpa substitusi menjadi 55,90% pada substitusi 20%. Berdasarkan persyaratan minimum CBR sebesar 60%, penggunaan batu kapur masih layak digunakan hingga kadar substitusi 10%, sedangkan pada kadar 20% tidak direkomendasikan karena tidak memenuhi spesifikasi teknis lapis pondasi agregat kelas B. Oleh karena itu, penggunaan batu kapur sebagai material substitusi dapat menjadi alternatif pemanfaatan sumber daya lokal, namun perlu dibatasi pada kadar tertentu agar kinerja lapis pondasi tetap memenuhi standar yang berlaku. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan variasi kadar substitusi yang lebih rinci serta melakukan pengujian tambahan terkait

durabilitas dan sifat mekanis lainnya guna memperoleh nilai substitusi optimum dan memastikan kinerja material dalam jangka Panjang.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adam, E. H., & Sukwadi, R. (2025). Pemanfaatan Sirtu Batu Kapur Material Lokal Sebagai Material Campuran Lapis Pondasi Agregat pada Pembangunan Dan Preservasi Jalan dan Jembatan. *Jurnal Praktik Keinsinyuran*, 2(01), 5–20. <https://doi.org/10.25170/jpk.v2i01.6318>
- astu Wiratnata, I. W., Sujahtra, I. W., & Setyono, E. Y. (2021). *Pengujian Batu Kapur Ungasan Dan Agregat Kelas A Sebagai Material Pondasi Perkerasan Jalan I*. 1–9.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SN I 4141:2015 Metode Uji Gumpalan Lempung dan Butiran Mudah Pecah dalam Agregat (ASTM C142-04, IDT)*. Jakarta: BSN.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, K. P. (2025). *Spesifikasi Umum 2025 Untuk Pekerjaan Kontruksi Jalan dan Jembatan*.
- Marga, D. J. B. (2019). *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Kontruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 1)*. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 06/SE/Db/2019*, 2019(November), 1–199.
- Masbahrin, M., Muh. Magribi, L. O., & Rachmat, L. O. M. (2021). Pencampuran Batu Kapur Dan Bottom Ash Sebagai Lapis Pondasi Kelas B Perkerasan Jalan Kabupaten Wakatobi. *Sultra Civil Engineering Journal*, 2(2), 99–106. <https://doi.org/10.54297/sciej.v2i2.198>
- Matulessy, N. F., Desembardi, F., & Sukowati, D. G. (2022). Uji Kualitas Agregat Kelas A Sebagai Lapis Pondasi Atas Jalan Menggunakan Material Quarry Saoka. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil (JIMATS)*, 1(1), 7–12.
- Nawir, I. D., & Mansur, A. Z. (2025). *Rekayasa Perkerasan Jalan: Prinsip, Praktik, dan Inovasi*. CV. Ruang Tentor.
- Oktariza, H., & Gofar, N. (2023). Evaluasi Agregat Lokal Sebagai Lapisan Base Perkerasan Permeabel. *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 12(1), 1–8.
- Pamungkas, W. G., Latif, M., & Sulistyowati, S. (2025). Pelatihan Uji Nilai California Bearing Ratio bagi Mahasiswa Teknik Sipil. *Jurnal Pengabdian KOLABORATIF*, 3(1), 36–43. <https://doi.org/10.26623/jpk.v3i1.8795>
- Pratomo, I. (2003). Penelitian Laboratorium Analisis Penggunaan Batu Kapur dan Pasir Batu sebagai Bahan Lapis Pondasi Bawah Struktur Perkerasan Jalan.
- Sasi, H. N. I., Kumalawati, A., & Sina, D. A. T.

- (2025). Analisis Kelayakan Penggunaan Agregat Lokal Sebagai Material Lapis Pondasi Perkerasan Jalan. *Jurnal Forum Teknik Sipil (J-ForTekS)*, 5(1), 34–45. <https://doi.org/10.35508/forteks.v5i1.21292>
- Shafira, E., & Silitonga, H. A. (2023). Pengaruh Kadar Lempung Terhadap Nilai Daya Dukung Agregat Base A Material Lolos Saringan No.4. 4, 167–186. <http://eprints.polsri.ac.id/id/eprint/15498>
- Adam, E. H., & Sukwadi, R. (2025). Pemanfaatan Sirtu Batu Kapur Material Lokal Sebagai Material Campuran Lapis Pondasi Agregat pada Pembangunan Dan Preservasi Jalan dan Jembatan. *Jurnal Praktik Keinsinyuran*, 2(01), 5–20. <https://doi.org/10.25170/jpk.v2i01.6318>
- astu Wiratnata, I. W., Sujahtra, I. W., & Setyono, E. Y. (2021). Pengujian Batu Kapur Ungasan Dan Agregat Kelas A Sebagai Material Pondasi Perkerasan Jalan I. 1–9.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 4141:2015 Metode Uji Gumpalan Lempung dan Butiran Mudah Pecah dalam Agregat (ASTM C142-04, IDT)*. Jakarta: BSN.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, K. P. (2025). *Spesifikasi Umum 2025 Untuk Perkerjaan Kontruksi Jalan dan Jembatan*.
- Marga, D. J. B. (2019). Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Kontruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 1). *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 06/SE/Db/2019*, 2019(November), 1–199.
- Masbahrin, M., Muh. Magribi, L. O., & Rachmat, L. O. M. (2021). Pencampuran Batu Kapur Dan Bottom Ash Sebagai Lapis Pondasi Kelas B Perkerasan Jalan Kabupaten Wakatobi. *Sultra Civil Engineering Journal*, 2(2), 99–106. <https://doi.org/10.54297/sciej.v2i2.198>
- Matulessy, N. F., Desembardi, F., & Sukowati, D. G. (2022). Uji Kualitas Agregat Kelas A Sebagai Lapis Pondasi Atas Jalan Menggunakan Material Quarry Saoka. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil (JIMATS)*, 1(1), 7–12.
- Nawir, I. D., & Mansur, A. Z. (2025). *Rekayasa Perkerasan Jalan: Prinsip, Praktik, dan Inovasi*. CV. Ruang Tentor.
- Oktariza, H., & Gofar, N. (2023). Evaluasi Agregat Lokal Sebagai Lapisan Base Perkerasan Permeabel. *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 12(1), 1–8.
- Pamungkas, W. G., Latif, M., & Sulistyowati, S. (2025). Pelatihan Uji Nilai California Bearing Ratio bagi Mahasiswa Teknik Sipil. *Jurnal Pengabdian KOLABORATIF*, 3(1), 36–43. <https://doi.org/10.26623/jpk.v3i1.8795>
- Pratomo, I. (2003). Penelitian Laboratorium Analisis Penggunaan Batu Kapur dan Pasir Batu sebagai Bahan Lapis Pondasi Bawah Struktur Perkerasan Jalan.
- Sasi, H. N. I., Kumalawati, A., & Sina, D. A. T. (2025). Analisis Kelayakan Penggunaan Agregat Lokal Sebagai Material Lapis Pondasi Perkerasan Jalan. *Jurnal Forum Teknik Sipil (J-ForTekS)*, 5(1), 34–45. <https://doi.org/10.35508/forteks.v5i1.21292>
- Shafira, E., & Silitonga, H. A. (2023). Pengaruh Kadar Lempung Terhadap Nilai Daya Dukung Agregat Base A Material Lolos Saringan No.4. 4, 167–186. <http://eprints.polsri.ac.id/id/eprint/15498>
- Suardi, E., Lusyana, L., Mukhlis, M., Fauzan, M., & Zain, K. (2023). Kinerja Batu Kapur Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR) Lapis Pondasi Perkerasan Jalan (p. 10).
- Winarno, D. B. (2020). *Substitusi Agregat Pada Lapisan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*. April, 78.
- Yuda, A. R., Putra, S., Selistorini, R., Herianto, D. (2023). Kajian Laboratorium Pemanfaatan Tanah Merah Terstabilisasi Kapur Sebagai Bahan Pengikat Lapis Pondasi Agregat Kelas B. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 11(2), 449–458. <https://doi.org/10.23960/jrsdd.v11i2.3461>