

## Kelayakan Agregat Batu Gunung Katunun sebagai Material Kelas B Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2

### *Feasibility of Mount Katunun Stone Aggregate as Class B Material Based on the 2018 Revision 2 Bina Marga General Specifications*

Fajri Ramadhan<sup>1</sup>, Norminawati Dewi<sup>2\*</sup>, Tekad Budiantoro<sup>3</sup>, Budi Kurniawan<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Tanah Laut, Tanah Laut, Indonesia

---

#### Article Info

##### Article history:

Submitted: 29 Mei 2026

Reviewed: 30 Mei 2026

Accepted: 31 Mei 2026

---

#### Kata Kunci:

Agregat kelas B  
Gunung katunun  
Lapis pondasi bawah  
Spesifikasi bina marga  
Uji laboratorium

---

#### Keywords:

Class B aggregate  
Laboratory testing  
Mount katunun  
Subbase layer  
Bina Marga specifications

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



---

#### Abstrak

Penelitian ini mengevaluasi kelayakan agregat batu Gunung Katunun yang diproses melalui stone crusher PT. Berkah Serasi Perkasa sebagai material Lapis Pondasi Bawah (LPB) Kelas B berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium terhadap sampel agregat yang diambil secara representatif dari lokasi tambang. Pengujian meliputi analisa saringan, berat jenis dan penyerapan, batas cair, batas plastis, serta abrasi Los Angeles. Hasil pengujian menunjukkan penyerapan 2,2%, batas cair 31,28%, batas plastis 7,15%, dan abrasi 29,60%. Gradasi agregat dapat disesuaikan sehingga berada dalam rentang spesifikasi Kelas B. Secara umum, material ini berpotensi digunakan sebagai LPB Kelas B untuk mendukung pembangunan jalan lokal, namun pengendalian gradasi dan verifikasi parameter plastisitas tetap diperlukan pada tahap penerapan lapangan.

---

#### Abstract

This study evaluates the feasibility of Mount Katunun stone aggregate processed at the PT. Berkah Serasi Perkasa stone crusher as Class B subbase material according to the 2018 Revision 2 Bina Marga General Specifications. The research used a laboratory experimental method on aggregate samples collected representatively from the quarry site. Tests included sieve analysis, specific gravity and absorption, liquid limit, plastic limit, and Los Angeles abrasion. The results showed an absorption value of 2.2%, a liquid limit of 31.28%, a plastic limit of 7.15%, and an abrasion value of 29.60%. The aggregate gradation can be adjusted to fit the Class B specification envelope. Overall, the material has good potential for local use as Class B subbase, although gradation control and verification of plasticity parameters are still recommended for field application.

---

\*Corresponding Author: Norminawati Dewi, [norminadewi@politala.ac.id](mailto:norminadewi@politala.ac.id)

---

## A. PENDAHULUAN

Pemilihan material lapis pondasi bawah pada konstruksi jalan tidak hanya dipengaruhi oleh ketersediaan bahan di lapangan, tetapi juga oleh kesesuaian karakteristik fisik dan mekaniknya terhadap standar teknis yang berlaku (Lillian et al., 2025). Material yang digunakan harus memiliki kualitas yang baik agar mampu mendukung stabilitas struktur perkerasan jalan serta menahan beban lalu lintas yang

bekerja di atasnya (Beskou & Muho, 2023). Oleh karena itu, pengujian material menjadi tahapan penting sebelum agregat digunakan pada konstruksi jalan.

Lapis pondasi bawah (subbase course) berfungsi sebagai lapisan transisi antara tanah dasar (subgrade) dan lapis pondasi atas (base course). Lapisan ini berperan dalam menyebarkan beban kendaraan ke tanah dasar, meningkatkan daya dukung struktur perkerasan, serta membantu sistem drainase agar air tidak terperangkap di dalam lapisan jalan. Apabila material yang digunakan tidak memenuhi spesifikasi, maka dapat menyebabkan penurunan kualitas dan umur pelayanan jalan.

Di Kabupaten Tanah Laut, kebutuhan material konstruksi jalan terus meningkat seiring berkembangnya pembangunan infrastruktur transportasi. Berdasarkan data Kabupaten Tanah Laut Dalam Angka 2025, panjang jaringan jalan di Kabupaten Tanah Laut mencapai 1.826,63 km dengan jumlah kendaraan sebanyak 143.319 unit. Peningkatan aktivitas transportasi dan mobilitas kendaraan tersebut menunjukkan pentingnya penyediaan infrastruktur jalan yang memadai serta kebutuhan material konstruksi yang memenuhi standar teknis. Infrastruktur jalan yang baik berperan penting dalam mendukung konektivitas wilayah, pertumbuhan ekonomi, serta distribusi barang dan jasa sehingga kualitas material penyusun perkerasan jalan menjadi faktor yang sangat menentukan keberhasilan pembangunan transportasi (Celauro et al., 2017). Oleh karena itu, pemanfaatan sumber daya batuan lokal menjadi alternatif yang potensial karena lebih ekonomis, mudah diperoleh, serta mampu mengurangi biaya transportasi material dari luar daerah (Přikryl, 2021). Salah satu sumber batuan lokal yang cukup potensial berada di kawasan Gunung Katunun dan telah dimanfaatkan oleh PT. Berkah Serasi Perkasa sebagai bahan agregat untuk pekerjaan konstruksi.

Meskipun memiliki potensi yang cukup besar, data teknis mengenai karakteristik agregat batu Gunung Katunun masih terbatas dan belum terdokumentasi secara lengkap. Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan penelitian untuk mengevaluasi kelayakan agregat batu Gunung Katunun sebagai material lapis pondasi agregat kelas B berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 melalui serangkaian pengujian laboratorium, sehingga dapat diketahui tingkat kesesuaiannya sebagai material konstruksi perkerasan jalan. Kajian ini menjadi penting karena spesifikasi Bina Marga mensyaratkan batas gradasi, keausan, dan plastisitas tertentu untuk memastikan agregat dapat bekerja secara efektif pada lapis pondasi bawah. Evaluasi laboratorium menjadi dasar untuk menentukan apakah material lokal dapat digunakan tanpa mengorbankan mutu dan umur layanan perkerasan. Hal ini sejalan dengan kecenderungan pemanfaatan sumber daya setempat untuk menekan biaya transportasi, meningkatkan efisiensi proyek, dan mendukung keberlanjutan konstruksi jalan (Celauro et al., 2017).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji pemanfaatan agregat lokal sebagai material lapis pondasi jalan dengan fokus pada karakteristik fisik dan mekanik agregat dari berbagai sumber batuan. Namun, kajian yang secara khusus mengevaluasi agregat batu Gunung Katunun, Kabupaten Tanah Laut, berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 masih sangat terbatas. Keterbatasan data tersebut menyebabkan belum tersedianya informasi teknis yang dapat dijadikan dasar ilmiah dalam menentukan kelayakan pemanfaatan agregat Gunung Katunun sebagai material lapis pondasi agregat kelas B. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang

mampu mengisi kesenjangan informasi tersebut melalui pengujian laboratorium yang sistematis.

Kebaruan penelitian ini terletak pada evaluasi karakteristik agregat batu Gunung Katunun melalui pengujian gradasi, berat jenis dan penyerapan, batas cair, batas plastis, serta abrasi Los Angeles yang dibandingkan secara langsung dengan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 untuk lapis pondasi agregat kelas B. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan data teknis terbaru mengenai kualitas agregat lokal Gunung Katunun dan memberikan kontribusi ilmiah dalam mendukung pemanfaatan sumber daya material lokal untuk pembangunan infrastruktur jalan yang berkelanjutan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik teknis agregat batu Gunung Katunun sebagai material lapis pondasi bawah (kelas B) pada konstruksi perkerasan jalan berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kelayakan penggunaan agregat lokal sebagai alternatif material konstruksi jalan, serta menjadi referensi bagi pengembangan dan pemanfaatan sumber daya material daerah secara efektif, ekonomis, dan berkelanjutan.

## **B. TINJAUAN PUSTAKA**

Agregat merupakan material granular yang banyak digunakan pada konstruksi jalan sebagai komponen penyusun lapisan pondasi dan perkerasan. Pada lapis pondasi bawah, agregat berfungsi menyebarkan beban kendaraan, meningkatkan daya dukung, dan membantu drainase sehingga struktur jalan lebih stabil dalam jangka panjang (Xiao & Tutumluer, 2017).

Lapis Fondasi Agregat Kelas B adalah lapisan pondasi bawah yang ditempatkan di bawah lapis pondasi atas. Fungsi utamanya adalah menerima dan menyebarkan beban ke tanah dasar sekaligus menyiapkan bidang kerja yang stabil untuk pekerjaan berikutnya. Karena berada di bagian bawah struktur perkerasan, material Kelas B masih dapat menggunakan bahan alam setempat selama memenuhi syarat teknis dasar yang ditetapkan dalam spesifikasi.

Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 menetapkan bahwa material lapis fondasi agregat harus memenuhi persyaratan gradasi, batas cair, indeks plastisitas, abrasi, dan persyaratan material lainnya. Dalam praktiknya, sifat fisik agregat sering menjadi indikator awal untuk menilai apakah suatu sumber batuan layak diproses lebih lanjut menjadi material konstruksi jalan (Ali et al., 2024).

Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa batuan lokal di berbagai wilayah Indonesia dapat digunakan sebagai material lapis pondasi apabila diuji dan disesuaikan dengan spesifikasi. (Syaifullah et al., 2018) menunjukkan agregat Bukit Marsela layak sebagai material pondasi, (Matulesy et al., 2022) melaporkan kelayakan agregat dari Saoka, sedangkan (Ningsih & Sukri, 2016) mengonfirmasi bahwa material batu gunung Amonggedo memenuhi syarat sebagai base course. (Oktariza & Gofar, 2023) juga menegaskan bahwa karakteristik agregat lokal dapat menjadi dasar perencanaan campuran berbutir yang layak pakai.

Penelitian ini menempatkan Gunung Katunun sebagai objek kajian spesifik dengan fokus pada evaluasi agregat Kelas B. Dengan demikian, artikel ini menambah referensi ilmiah mengenai potensi sumber daya batuan di Kabupaten Tanah Laut.

### C. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen laboratorium untuk menilai kelayakan agregat batu Gunung Katunun sebagai material Kelas B. Lokasi pengambilan sampel berada di stone crusher PT. Berkah Serasi Perkasa, Kabupaten Tanah Laut, sedangkan pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Tanah Laut.



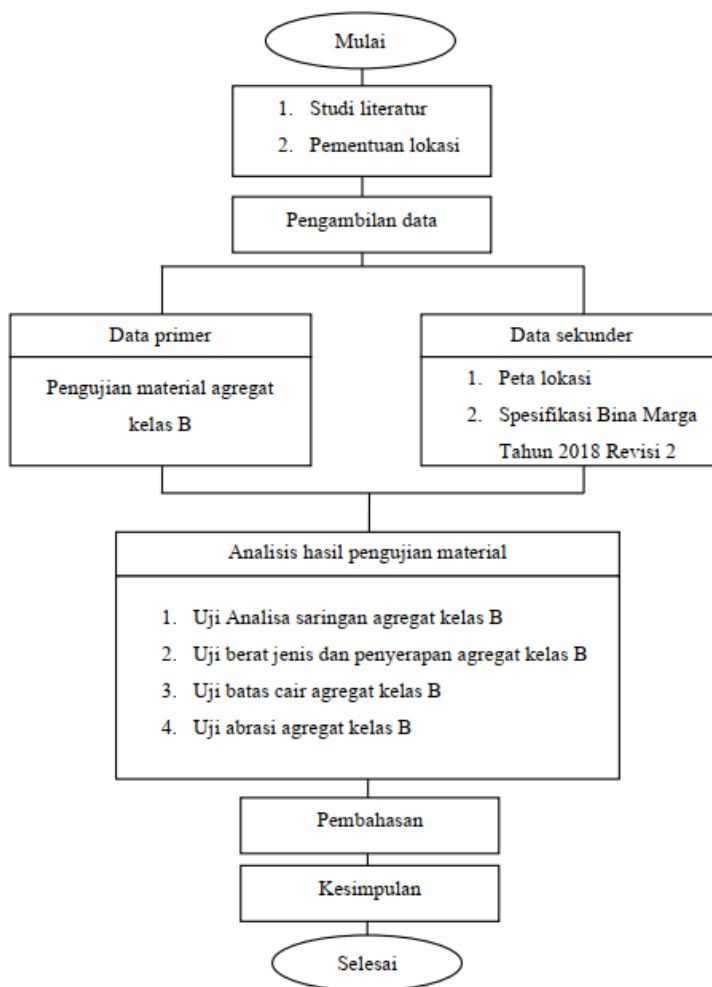
**Gambar 1.** Peta lokasi pengambilan sampel  
(Sumber: Google Earth, diakses tahun 2026)

Pengambilan sampel agregat dilakukan secara acak representatif (*representative random sampling*) pada area timbunan material di lokasi *stone crusher*. Metode ini dilakukan dengan mengambil material dari beberapa titik yang berbeda, meliputi bagian atas, tengah, dan bawah timbunan agregat untuk menghindari dominasi ukuran butir tertentu akibat proses segregasi material. Sampel dari setiap titik kemudian digabungkan dan dihomogenkan sehingga membentuk sampel gabungan (*composite sample*) yang dianggap mewakili karakteristik keseluruhan material di lokasi penelitian. Prosedur ini bertujuan untuk memperoleh sampel yang dapat menggambarkan kondisi agregat sebenarnya, sehingga hasil pengujian laboratorium memiliki tingkat keandalan dan representativitas yang lebih baik terhadap material yang digunakan di lapangan. Sampel kemudian dicampur menjadi sampel gabungan, diberi identitas, dan dibawa ke laboratorium dalam kondisi tertutup agar tidak mengalami kontaminasi atau kehilangan butiran halus. Prosedur pengambilan ini mengikuti pedoman pengambilan contoh agregat yang digunakan dalam pengujian laboratorium.

Parameter uji yang digunakan meliputi analisa saringan untuk menilai distribusi ukuran butir, berat jenis dan penyerapan untuk menilai karakteristik densitas dan pori agregat, batas cair dan batas plastis untuk menilai sifat fraksi halus, serta abrasi Los

Angeles untuk mengetahui ketahanan agregat terhadap keausan. Seluruh pengujian dilakukan mengacu pada SNI yang relevan dan spesifikasi Bina Marga yang berlaku.

Data hasil uji kemudian dibandingkan dengan batas persyaratan teknis Kelas B. Analisis dilakukan secara deskriptif-komparatif dengan menempatkan setiap hasil pengujian pada rentang spesifikasi yang disyaratkan. Jika hasil pengujian berada di dalam batas yang ditetapkan, maka parameter tersebut dinyatakan memenuhi. Apabila terdapat perbedaan terhadap kurva gradasi, dilakukan penyesuaian kombinasi butir untuk memperoleh gradasi yang sesuai. Secara ringkas, tahap penelitian digambarkan dalam bentuk flowchart yang bisa dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Flowchart penelitian  
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2026)

Penelitian ini diawali dengan studi literatur yang berkaitan dengan karakteristik agregat kelas B, struktur perkerasan jalan, metode pengujian material, serta Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 sebagai acuan utama penelitian. Setelah itu dilakukan penentuan lokasi penelitian, yaitu lokasi pengambilan sampel agregat di stone crusher PT. Berkah Serasi Perkasa, Gunung Katunun, Kabupaten Tanah Laut, serta lokasi pengujian di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan Politeknik Negeri Tanah Laut. Tahapan selanjutnya adalah pengambilan data yang terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer

diperoleh melalui pengolahan dan pengujian material agregat kelas B, sedangkan data sekunder berupa peta lokasi penelitian, standar SNI, dan spesifikasi teknis Bina Marga. Material agregat yang telah diambil kemudian diuji di laboratorium menggunakan tiga sampel untuk setiap jenis pengujian, meliputi uji analisa saringan untuk mengetahui distribusi ukuran butir, uji berat jenis dan penyerapan untuk mengetahui karakteristik fisik agregat, uji batas cair untuk menentukan sifat plastisitas material halus, serta uji abrasi Los Angeles untuk mengetahui tingkat ketahanan agregat terhadap keausan. Selanjutnya hasil seluruh pengujian dianalisis dan dibandingkan dengan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 5 Tahun 2018 Revisi 2 guna menentukan kelayakan agregat batu Gunung Katunun sebagai material lapis pondasi bawah pada konstruksi perkerasan jalan, kemudian ditarik kesimpulan berdasarkan hasil evaluasi yang diperoleh.

#### **D. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa agregat Gunung Katunun memiliki karakteristik yang cukup baik untuk dipertimbangkan sebagai material lapis pondasi bawah. Nilai abrasi sebesar 29,60% menunjukkan ketahanan aus yang baik karena berada di bawah batas umum 40% yang dipersyaratkan untuk lapisan agregat berbutir. Nilai penyerapan 2,2% juga menandakan bahwa agregat tidak terlalu berpori sehingga masih layak digunakan sebagai bahan struktur jalan.

Pada pengujian gradasi, hasil awal memperlihatkan bahwa distribusi butiran belum sepenuhnya mengikuti kurva spesifikasi. Namun, melalui penyesuaian komposisi ukuran butir, kurva gradasi dapat diarahkan agar masuk ke dalam rentang Kelas B. Dalam konteks produksi material jalan, temuan ini penting karena gradasi yang baik akan memperbesar kepadatan, mengurangi rongga antarputir, dan meningkatkan kestabilan lapisan pondasi bawah.

Pengujian batas cair menghasilkan nilai 31,28%, sedangkan batas plastis sebesar 7,15%. Nilai batas cair tersebut masih berada dalam batas yang lazim diterima untuk lapis fondasi agregat Kelas B. Material ini layak dari sisi kekuatan butiran dan ketahanan aus.

Temuan ini sejalan dengan hasil beberapa penelitian terdahulu yang memperlihatkan bahwa agregat lokal umumnya dapat digunakan sebagai material pondasi setelah memenuhi gradasi dan parameter dasar lainnya. Perbedaan kondisi sumber batuan, proses pemecahan, serta kandungan butiran halus menjadi faktor yang menyebabkan mutu tiap lokasi tidak selalu sama. Karena itu, evaluasi laboratorium seperti yang dilakukan pada Gunung Katunun sangat penting sebelum material diproduksi dalam skala proyek.

Berdasarkan sintesis hasil pengujian, agregat Gunung Katunun dapat dipandang sebagai alternatif material lokal yang ekonomis dan berpotensi mendukung pembangunan infrastruktur jalan di Tanah Laut. Pemanfaatan material lokal tidak hanya menekan biaya logistik, tetapi juga mengurangi ketergantungan pada sumber agregat dari luar daerah. Ringkasan hasil pengujian dan kriteria evaluasi kelas B dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil pengujian dan kriteria evaluasi kelas B

Keterangan	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Hasil
Analisa saringan	100	100 - 100	Memenuhi Spesifikasi
	91,50	88 - 95	
	79	70 - 85	
	60	30 - 65	
	47,50	25 - 55	
	27,50	15 - 40	
	11	8 - 20	
Berat jenis dan penyerapan	6	2 - 8	Memenuhi Spesifikasi
	2,2%	0 - 3%	
Batas cair	31,28%	0 - 35%	Memenuhi Spesifikasi
Batas plastis	7,15%	4 - 10%	Memenuhi Spesifikasi
Abrasi	29,60%	0 - 40%	Memenuhi Spesifikasi

(Sumber: Hasil pengujian, 2026)

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium terhadap agregat batu Gunung Katunun, diperoleh nilai analisa saringan yang menunjukkan distribusi gradasi agregat berada dalam rentang spesifikasi lapis pondasi agregat kelas B sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Persentase lolos saringan berturut-turut sebesar 100%, 91,50%, 79%, 60%, 47,50%, 27,50%, 11%, dan 6%, yang menunjukkan bahwa susunan butiran agregat memiliki gradasi yang baik untuk digunakan sebagai material lapis pondasi bawah.

Pada pengujian berat jenis dan penyerapan diperoleh nilai sebesar 2,2%, sehingga masih berada dalam batas spesifikasi yang dipersyaratkan yaitu 0–3%. Pengujian batas cair menghasilkan nilai sebesar 31,28% dan memenuhi batas maksimum spesifikasi sebesar 35%, sedangkan batas plastis diperoleh sebesar 7,15% yang masih berada dalam rentang persyaratan 4–10%. Selain itu, hasil pengujian abrasi Los Angeles menunjukkan nilai keausan sebesar 29,60%, sehingga masih memenuhi batas maksimum spesifikasi yaitu 40%. Secara keseluruhan, seluruh parameter hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat batu Gunung Katunun memenuhi persyaratan teknis sebagai material lapis pondasi agregat kelas B.

## E. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian laboratorium yang telah dilakukan, agregat batu Gunung Katunun Kabupaten Tanah Laut dinyatakan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 untuk digunakan sebagai material lapis pondasi agregat kelas B pada konstruksi perkerasan jalan. Hal ini ditunjukkan dari hasil analisa saringan, berat jenis dan penyerapan, batas cair, batas plastis, serta abrasi yang seluruhnya berada dalam batas spesifikasi yang dipersyaratkan. Dengan demikian, agregat batu Gunung Katunun layak dimanfaatkan sebagai alternatif material lokal untuk konstruksi jalan karena memiliki karakteristik fisik dan mekanik yang sesuai standar teknis.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan pengujian tambahan seperti nilai CBR, kuat tekan, dan pengujian lapangan agar diperoleh data yang lebih lengkap mengenai performa agregat pada kondisi aktual perkerasan jalan. Selain itu, perlu dilakukan penelitian terkait ketahanan material terhadap pengaruh lingkungan dan beban lalu lintas jangka panjang sehingga pemanfaatan agregat lokal dapat lebih optimal dan berkelanjutan dalam pembangunan infrastruktur jalan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan (TRKJJ), Jurusan Rekayasa dan Industri Politeknik Negeri Tanah Laut (POLITALA), serta pihak mitra PT. Berkah Serasi Perkasa yang telah memberikan dukungan dalam proses pengambilan sampel, pelaksanaan pengujian laboratorium, dan penyelesaian penelitian yang menjadi dasar penyusunan artikel ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, F., Sirfraz, Y., Shahzad, A., Ahmed, K. S., Riaz, M., & Farooq, S. (2024). Physico-Mechanical and Petrographic Appraisal of Carbonate Rocks as Construction Aggregate: A Case Study from Lesser Himalaya, Pakistan. *Transportation Research Record*, 2678, 1720–1735. <https://doi.org/10.1177/03611981241252827>
- Beskou, N., & Muho, E. (2023). Review on dynamic response of road pavements to moving vehicle loads; part 1: Rigid pavements. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2023.108249>
- Celauro, C., Corriere, F., Guerrieri, M., Casto, B., & Rizzo, A. (2017). Environmental analysis of different construction techniques and maintenance activities for a typical local road. *Journal of Cleaner Production*, 142, 3482–3489. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.119>
- Lillian, N., Ahmed, S., Krishnan, D., & Eze, V. (2025). Comprehensive evaluation of sub-base materials for road pavements, integrating California bearing ratio and triaxial compression tests for enhanced stability and durability: A systematic review. *Discover Civil Engineering*, 2. <https://doi.org/10.1007/s44290-025-00278-w>
- Matulesy, 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.
- Ningsih, W., & Sukri, A. S. (2016). Pengujian Material Batu Gunung Amonggedo Sebagai bahan lapis Pondasi Atas (Base Course) Pada Kontruksi Jalan Raya. *Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Sipil*, 7(2), 59–64.
- Oktariza, H., & Gofar, N. (2023). Evaluasi Agregat Lokal Sebagai Lapisan Base Perkerasan Permeabel. *Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v12i1.201>
- Přikryl, R. (2021). Geomaterials as construction aggregates: a state-of-the-art. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 80, 8831–8845. <https://doi.org/10.1007/s10064-021-02488-9>
- Syaifulah, A., Sulandari, E., & Erwan, K. (2018). Studi Tentang Kelayakan Agregat Batu Gunung Bukit Marsela Di Kabupaten Ketapang Sebagai Material Lapis Pondasi. *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, Dan Tambang*, 5(2).
- Xiao, Y., & Tutumluer, E. (2017). Gradation and Packing Characteristics Affecting Stability of Granular Materials: Aggregate Imaging-Based Discrete Element Modeling Approach. *International Journal of Geomechanics*, 17, 4016064. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)gm.1943-5622.0000735](https://doi.org/10.1061/(asce)gm.1943-5622.0000735)