



KONSISTENSI LWD (LIGHT WEIGHT DEFLECTOMETER) PUSJATAN UNTUK JALAN KERIKIL

Riqqi Azzidul Piktor, Asep Taufik Hudaya, Siegfried Syafier

Universitas Langlangbuana

E-mail : riqqikaka@gmail.com, taufik.asep@gmail.com, siegfried.syafier@gmail.com

Kata Kunci

light weight
deflectometer; LWD
pusjatan; jalan kerikil

Abstrak

Infrastruktur jalan merupakan tulang punggung dalam sistem transportasi suatu negara. Perkerasan jalan sangat penting dalam mendukung infrastruktur transportasi yang efisien dan berkelanjutan. Salah satu jenis perkerasan jalan yang sering digunakan adalah perkerasan jalan berkerikil. Perkerasan jalan berkerikil sering digunakan di wilayah pedesaan atau daerah dengan lalu lintas ringan hingga sedang. LWD (*Light Weight Deflectometer*) merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mengukur kekuatan struktural dari suatu sistem perkerasan jalan terutama untuk jalan-jalan yang tanpa penutup. LWD Pusjatan merupakan alat yang sudah dikembangkan oleh Puslitbang Jalan dan Jembatan. Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan Rancabali – Sukaati, Kab. Bandung. Pengujian ini diambil pada 3 titik dengan masing-masing 15 kali pengambilan. Terdapat 3 sensor yang membaca defleksi yakni D0 pada pusat pembebanan, D1 pada geophone 1 dan D2 pada geophone 2. Hasil dari penelitian ini adalah defleksi pada D0 dan D1 memiliki nilai koefisien variasi yang relatif kecil (konsisten) sedangkan D2 memiliki nilai koefisien variasi yang besar sehingga tidak dapat digunakan untuk perencanaan. Dapat disimpulkan bahwa penelitian konsistensi LWD (*Light Weight Deflectometer*) Pusjatan untuk jalan kerikil hanya membutuhkan satu geophone dan tidak memerlukan geophone tambahan

Keywords

light weight deflectometer;
Pusjatan's LWD; gravel
roads

Abstract

Road infrastructure is the backbone of a country's transportation system. Road pavement is crucial in supporting an efficient and sustainable transportation infrastructure. One commonly used type of road pavement is gravel road pavement, often employed in rural areas or regions with light to moderate traffic. LWD (Light Weight Deflectometer) is a tool used to measure the structural strength of a pavement system, especially for roads without a cover. LWD Pusjatan is a device developed by the Road and Bridge Research Center. This research was conducted on the Rancabali - Sukaati road section in Bandung Regency. The testing was performed at three points, each taken 15 times. There are three sensors that read deflection: D0 at the center of loading, D1 at geophone 1, and D2 at geophone 2. The results of this study indicate that deflections at D0 and D1 have relatively small coefficient of variation values (consistent), while D2 has a high coefficient of variation,

making it unsuitable for planning purposes. In conclusion, for gravel road testing, the consistency of the LWD Pusjatan only requires one geophone and does not necessitate an additional geophone

*Correspondence Author: Riqqi Azzidul Pictor
Email: riqqikaka@gmail.com



PENDAHULUAN

Infrastruktur jalan merupakan tulang punggung dalam sistem transportasi suatu negara. Jalan yang baik dan berkualitas akan memberikan dampak positif terhadap mobilitas masyarakat, pertumbuhan ekonomi, dan pengembangan wilayah (Nur Afni Octavia, 2020). Salah satu jenis perkerasan jalan yang sering digunakan adalah perkerasan jalan berkerikil. Perkerasan berkerikil merupakan lapisan perkerasan yang terdiri dari agregat batu-batuan berukuran kasar yang disusun dalam lapisan tertentu dan dikompaksi untuk menciptakan struktur yang kokoh dan tahan lama (Faiz, 2022).

Perkerasan jalan berkerikil sering digunakan di wilayah pedesaan atau daerah dengan lalu lintas ringan hingga sedang. Kelebihan dari perkerasan ini adalah harganya yang lebih terjangkau dibandingkan perkerasan aspal, serta relatif mudah dalam proses konstruksinya. Selain itu, perkerasan jalan berkerikil juga memiliki daya dukung yang baik untuk lalu lintas kendaraan ringan hingga menengah. Oleh karena itu, penerapan perkerasan berkerikil menjadi pilihan yang relevan dalam membangun dan memperbaiki jalan di berbagai wilayah (Lisantonno & FREDERIKUS KUNG, 2016).

Meskipun perkerasan jalan berkerikil memiliki sejumlah kelebihan, tantangan utama yang dihadapi adalah mencapai konsistensi dan stabilitas yang memadai. Perkerasan ini mengandalkan adhesi antara butir-butir kerikil untuk menciptakan lapisan yang padat dan kokoh (Altatri, 2022). Faktor-faktor seperti ukuran dan bentuk butir, sifat material pengikat, serta teknik konstruksi akan mempengaruhi kualitas dan kekuatan perkerasan berkerikil. Oleh karena itu, diperlukan metode pengujian yang akurat untuk memastikan kualitas perkerasan berkerikil yang sesuai dengan standar teknis yang berlaku (AZIS, 2020).

Salah satu alat uji yang telah digunakan untuk mengukur ketahanan dan kekuatan perkerasan adalah *Light Weight Deflectometer* (LWD). LWD adalah alat uji non-destruktif yang menjanjikan untuk melakukan pengujian cepat dan mudah tanpa merusak permukaan jalan (Nafsiska, 2019). Pengujian menggunakan LWD dilakukan dengan cara mengenakan beban berat pada permukaan jalan dan mengukur kedalaman defleksi (kedalaman penurunan) yang terjadi pada permukaan jalan sebagai respons terhadap beban tersebut. Hasil uji LWD dapat memberikan informasi tentang kemampuan perkerasan jalan dalam menahan beban kendaraan dan menilai tingkat konsistensi dan stabilitasnya (Widiasmoro, 2017).

LWD telah digunakan secara luas dalam berbagai proyek perkerasan, namun masih diperlukan evaluasi lebih lanjut mengenai konsistensi dan akurasi hasil uji LWD, terutama dalam konteks perkerasan jalan berkerikil (MULYADI, 2017). Penggunaan LWD dalam perkerasan berkerikil menjadi menarik untuk diteliti karena potensinya sebagai alat uji non-destruktif yang dapat memberikan informasi relevan tentang kualitas perkerasan. Dalam pengujian perkerasan berkerikil dengan LWD, adanya butir-butir kerikil yang kasar dan hancur dapat mempengaruhi respons defleksi dan hasil pengujian. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi mendalam tentang konsistensi dan akurasi hasil uji LWD dalam mengukur ketahanan dan kekuatan perkerasan berkerikil (Subiantoro & Daraba, 2011).

Mempertimbangkan pentingnya peran perkerasan jalan berkerikil dalam sistem transportasi dan potensi penggunaan LWD sebagai alat uji non-destruktif, penelitian ini akan mengkaji secara lebih mendalam tentang konsistensi penggunaan LWD untuk jalan berkerikil. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bidang ilmu teknik sipil, khususnya dalam pemahaman tentang efektivitas dan rekomendasi penggunaan LWD sebagai alat uji untuk perkerasan jalan berkerikil. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan sumbangan

nyata bagi pengembangan infrastruktur jalan yang lebih baik dan berkelanjutan (Syarifuddin, Surya, & Aksa, 2022).

Rumusan Masalah

Bagaimana konsistensi LWD Pusjatan dengan mencari koefisien variasi dari data defleksi/lendutan dan bagaimana hasil analisis dari koefisien variasi dari data lapangan?

Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji konsistensi penggunaan LWD PUSJATAN sebagai alat uji non-destruktif dalam mengukur ketahanan dan kekuatan perkerasan jalan berkerikil.

Maksud Penelitian

1. Melakukan pengambilan data lendutan pada jalan berkerikil dengan menggunakan LWD Pusjatan.
2. Meginput dan mengolah data hasil lapangan
3. Menganalisa konsistensi data yang diambil menggunakan LWD Pusjatan.

Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di atas permukaan air serta di bawah permukaan tanah dan atau air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel. (Indonesia, 2006)

Perkerasan Jalan

Menurut Sukirman (2003): “Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada transportasi, dan selama masa pelayanan diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.”

Perkerasan jalan sangat penting dalam mendukung infrastruktur transportasi yang efisien dan berkelanjutan. Sebagai jaringan yang menghubungkan berbagai wilayah, perkerasan jalan memfasilitasi mobilitas manusia dan distribusi barang, menjadi tulang punggung dari aktivitas ekonomi dan perkembangan sosial. Dengan memberikan jalur yang stabil dan tahan terhadap beban lalu lintas, perkerasan jalan memungkinkan aksesibilitas yang lancar, yang pada gilirannya mendukung pertumbuhan bisnis, perdagangan, dan industri di berbagai sektor.

Selain mendukung pertumbuhan ekonomi, perkerasan jalan juga memiliki dampak penting dalam keselamatan lalu lintas. Permukaan jalan yang baik dan bebas hambatan membantu mengurangi risiko kecelakaan pada kendaraan.

Jalan Kerikil

Jalan berkerikil biasanya digunakan di daerah pedesaan, jalan setapak, atau akses jalan yang kurang intensif digunakan. Perkerasan kerikil adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan lapisan kerikil atau agregat kasar sebagai permukaan jalan. Ini adalah pilihan yang lebih sederhana dan ekonomis dibandingkan dengan perkerasan aspal atau beton.

Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017: “Perkerasan tanpa penutup (jalan kerikil) khusus untuk beban lalu lintas rendah (≤ 500.000 ESA4). Tipe perkerasan ini dapat juga diterapkan pada konstruksi secara bertahap di daerah yang rentan terhadap penurunan (settlement).” (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jendral Bina Marga, 2017)

LWD (Light Weight Deflectometer) PUSJATAN

Light Weight Deflectometer (LWD) adalah perangkat uji yang untuk mengukur daya dukung tanah secara cepat dan efisien. Prinsip kerjanya melibatkan penerapan beban pada permukaan tanah melalui perangkat, yang mengakibatkan defleksi. Sensor pada LWD mendeteksi perubahan ini, memungkinkan pengguna untuk menentukan kemampuan tanah untuk menahan beban. Hal ini sangat penting dalam memastikan stabilitas dan keamanan konstruksi, memastikan bahwa tanah di bawah struktur memiliki daya dukung yang memadai untuk mencegah deformasi atau kegagalan struktur.

LWD Pusjatan merupakan alat LWD yang dihasilkan dari penelitian dan pengembangan di Puslitbang Jalan dan Jembatan. Jika LWD pada umumnya digunakan untuk mengukur kekukatan

struktural pada lapisan granular, sedangkan LWD Pusjatan selain bisa juga digunakan untuk mengukur kekuatan struktural jalan beraspal.

Koefisien Variasi

Untuk menguji konsistensi LWD Pusjatan pada jalan kerikil diperlukan nilai koefisien variasi dari ketiga titik yang diuji. Semakin kecil nilai koefisien variasi maka semakin konsisten data yang diambil.

Koefisien variasi (CV) pada data defleksi atau lendutan mengukur sejauh mana variasi dari rata-rata defleksi. CV dihitung dengan membagi deviasi standar dari data dengan rata-rata defleksi, kemudian hasilnya dikalikan 100 untuk mendapatkan persentase.

$$CV = \frac{\text{Standar Deviasi}}{\text{Rata - rata}} \times 100 \%$$

METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Metode kuantitatif merupakan metode penelitian yang berlandaskan *positivistic* (data konkrit), data penelitian berupa angka-angka yang akan diukur menggunakan statistik sebagai alat uji penghitungan, berkaitan dengan masalah yang diteliti untuk menghasilkan suatu kesimpulan. (Sugiyono, 2017)

Dalam proses ini, data yang dihasilkan bersifat numerik dan terukur secara kuantitatif. Alat LWD akan memberikan angka-angka yang mengindikasikan seberapa besar deformasi yang terjadi pada permukaan jalan atau tanah ketika diberikan beban tertentu. Hasil pengukuran ini digunakan untuk mengukur daya dukung permukaan jalan atau lapisan tanah, serta untuk mengevaluasi kinerja strukturalnya.

Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data sekunder yaitu:

1. Menentukan lokasi titik pengujian yang akan diuji.
2. Melakukan pengetestan alat sebelum berangkat menuju lokasi survey.
3. Menentukan terlebih dahulu jenis jalan yang akan diuji, Jumlah STA atau titik yang akan diuji.
4. Meletakkan posisi *Light Weight Deflectometer* (LWD) Pusjatan pada permukaan yang rata agar proses pengambilan data berjalan dengan stabil.
5. Mengukur posisi LWD Pusjatan sebagai titik pusat pembebanan, dan Geophone 1 terletak pada 20cm dari as atau titik tengah dari LWD, kemudian Geophone 2 (Pada studi kasus ini: 90 cm dari titik pusat pembebanan). Pastikan diukur posisi masing-masing geophone dengan menggunakan meteran.
6. Memposisikan pengait beban sesuai ketinggian yang dibutuhkan, dengan cara melonggarkan baut pengait beban dan memposisikan pada level yang dibutuhkan.
7. Mengangkat beban yang kemudian dikaitkan pada pengait beban, serta memastikan beban terkait dengan kencang.

Metode Analisis Data

Untuk menguji konsistensi LWD (*Light Weight Deflectometer*) PUSJATAN maka perlu dilakukan perhitungan koefisien variasi pada ketiga titik uji. Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi maka diperlukan perhitungan rata-rata dari data lendutan beserta standar deviasinya.

1. Analisis data lendutan / defleksi

Setelah data diolah dalam bentuk tabel, maka kita dapat menghitung rata-rata data lendutan dari tiap titik yang diuji. Dengan adanya grafik yang lebih visual kita bisa dapat mengamati nilai lendutan yang paling besar hingga paling kecil pada tiap titik uji.

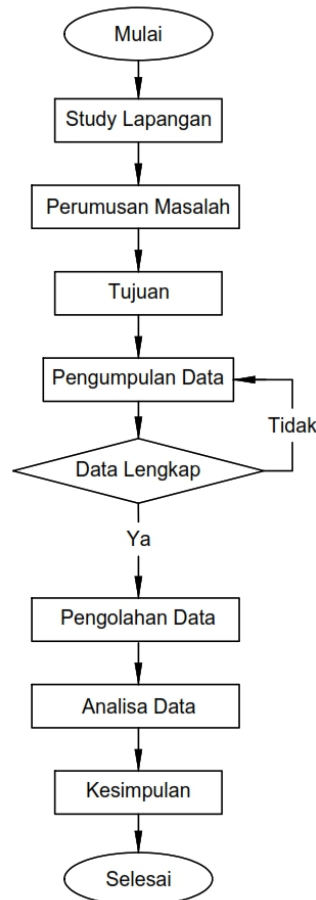
2. Analisis Koefisien Variasi

Dari 15 kali pengambilan data kita bisa mengetahui varian data lendutan yang diambil dalam satu titik.

3. Analisis Konsistensi LWD Pusjatan

Dari nilai defleksi yang terjadi pada D0, D1, D2 kita dapat membandingkan mana nilai koefisien variasinya relatif kecil sehingga data lendutan tersebut dianggap konsisten dan bisa dipakai dalam sebuah perencanaan.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Defleksi / Lendutan

Data primer didapatkan dari pengambilan beberapa sampel titik uji di ruas jalan berkerikil, data tersebut adalah :

1. Jumlah STA : 3 Titik
 Jumlah data defleksi yang diambil setiap titik : 15 kali (untuk setiap titik pengujian)
 Ketinggian level beban LWD : 15 cm (untuk jalan kerikil)
2. Hasil pengambilan data lendutan

Tabel 1 Data Lendutan LWD Titik Uji 1

No	Beban Kg	D0 (Micron)	D1 (Micron)	D2 (Micron)
1	1517	536.30	241.70	30.70
2	1517	549.70	245.40	45.20
3	1517	556.70	244.70	34.50
4	1517	532.90	249.80	48.00
5	1517	545.60	246.90	35.30
6	1517	548.60	250.60	34.90
7	1517	554.90	246.20	34.20
8	1517	535.50	247.40	35.60
9	1517	534.80	243.00	36.00
10	1517	538.60	239.10	34.20

No	Beban Kg	D0 (Micron)	D1 (Micron)	D2 (Micron)
11	1517	526.50	240.50	34.60
12	1517	543.00	243.90	49.10
13	1517	546.60	243.10	35.10
14	1517	552.80	237.50	35.20
15	1517	535.30	239.00	35.60

Tabel 2 Data Lendutan LWD Titik Uji 2

No	Beban Kg	D0 (Micron)	D1 (Micron)	D2 (Micron)
1	1517	712.60	257.90	44.90
2	1517	724.70	306.50	36.30
3	1517	734.60	325.00	38.40
4	1517	731.60	303.30	52.70
5	1517	715.20	304.40	52.90
6	1517	720.10	299.90	37.00
7	1517	702.50	308.00	53.40
8	1517	704.90	291.80	38.20
9	1517	690.80	262.60	37.30
10	1517	686.60	270.20	37.30
11	1517	659.40	310.60	37.20
12	1517	659.40	310.60	37.20
13	1517	726.10	310.10	52.40
14	1517	674.50	282.20	39.70
15	1517	620.20	280.50	52.40

Tabel 3 Data Lendutan LWD Titik Uji 3

No	Beban Kg	D0 (Micron)	D1 (Micron)	D2 (Micron)
1	1517	240.90	226.40	23.00
2	1517	244.60	224.60	24.70
3	1517	246.90	233.00	24.80
4	1517	254.30	225.40	32.20
5	1517	243.60	232.60	32.30
6	1517	242.80	232.10	31.80
7	1517	243.90	231.60	22.70
8	1517	242.30	231.30	22.90
9	1517	249.40	231.80	23.00
10	1517	256.30	232.80	23.00
11	1517	249.90	231.70	23.50
12	1517	255.50	232.00	23.50
13	1517	264.60	230.40	24.30
14	1517	264.40	231.80	24.50
15	1517	270.10	231.90	24.40

Keterangan:

D0: Defleksi pada pusat pembebanan

D1: Defleksi pada geophone 1

D2: Defleksi pada geophone 2

Hasil Analisa Data

Untuk menguji konsistensi LWD Pusjatan untuk jalan kerikil diperlukan nilai koefisien variasi dari ketiga titik yang diuji. Semakin kecil nilai koefisien variasi maka semakin konsisten data yang diambil. Untuk menghitung nilai koefisien variasi diperlukan nilai rata-rata dan nilai standar deviasi. Berikut adalah hasil rekapitulasi dan hasil analisa penulis dari hasil perhitungan tersebut:

Nilai Rata-rata (\bar{X})

Untuk mendapatkan nilai rata-rata dari data lendutan / defleksi yang diambil, cara yang digunakan adalah dengan menjumlahkan semua data yang diambil dan kemudian dibagi dengan banyaknya data. Berikut rumusnya:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_{15}}{n}$$

Dengan menggunakan rumus diatas maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4 Nilai Rata-rata Lendutan / Defleksi

STA	D0	D1	D2
	(Mikron)	(Mikron)	(Mikron)
Titik Uji 1	542.52	243.92	37.21
Titik Uji 2	697.55	294.91	43.15
Titik Uji 3	251.30	230.63	25.37

Pada Tabel diatas dapat dilihat nilai rata-rata defleksi yang terjadi pada 3 titik uji dan dapat disimpulkan bahwa “D0 > D1 > D2”. Nilai defleksi pada D0 merupakan nilai yang paling tinggi karena berada dititik pusat pembebanan. Sementara D1 bernilai lebih kecil dari D0 berdasarkan penempatan geophone 1 yang terletak 200mm dari pusat pembebanan. Sementara D2 merupakan yang paling kecil berdasarkan letak geophone 2 yang lebih jauh yakni 900mm dari pusat pembebanan.

Standar Deviasi (σ)

Rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai standar deviasi adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Dengan menggunakan rumus diatas maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 5 Rekapitulasi Standar Deviasi pada Titik Uji

STA	D0	D1	D2
Titik Uji 1	9.02	3.92	5.48
Titik Uji 2	32.51	19.86	7.31
Titik Uji 3	9.25	2.76	3.55

Nilai standar deviasi dibutuhkan untuk perhitungan koefisien variasi pada langkah berikutnya. Koefisien Variasi

Rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai koefisien variasi adalah sebagai berikut:

$$CV = \frac{\text{Standar Deviasi}}{\text{Rata - rata}} \times 100 \%$$

Dengan menggunakan rumus diatas maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 6 Rekapitulasi Nilai Koefisien Variasi Pada Titik Uji

STA	D0	D1	D2
	%	%	%
Titik Uji 1	1.66	1.61	14.73
Titik Uji 2	4.66	6.73	16.94
Titik Uji 3	3.68	1.20	14.00

Hasil Analisa:

Pada Tabel diatas. dapat dilihat bahwa nilai koefisien variasi dari D0 cukup stabil dan memiliki angka yang relatif kecil dibawah 5% sehingga bisa dipakai sebagai dasar perhitungan sebuah perencanaan. Sementara D2 memiliki nilai koefisien variasi yang jauh lebih besar dari D0 dan D1 sehingga nilai D2 tidak bisa dipakai untuk pengujian lendutan diatas permukaan granular. Maka dari itu pada pengujian lendutan pada jalan berkerikil hanya memerlukan data D0 dari pusat pembebanan dengan satu geophone saja untuk menentukan nilai D1 dan tidak memerlukan geophone tambahan.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian konsistensi LWD Pusjatan terhadap jalan kerikil adalah: Untuk menguji konsistensi LWD Pusjatan untuk jalan kerikil diperlukan nilai koefisien variasi dari ketiga titik yang diuji. Semakin kecil nilai koefisien variasi maka semakin konsisten data yang diambil. Berikut adalah hasil perhitungan koefisien variasi dari 3 titik uji yang diambil:

Koefisien varians titik uji 1 : D0=1.66%, D1=1.61%, D2=14.73%

Koefisien varians titik uji 2 : D0=4.66%, D1=6.73%, D2=16.94%

Koefisien varians titik uji 3 : D0=3.68%, D1=1.20%, D2=14.00%

Berdasarkan hasil perhitungan, Nilai koefisien variasi dari D0 & D1 cukup stabil dan memiliki angka yang realatif kecil sehingga bisa dipakai sebagai dasar perhitungan sebuah perencanaan.

Sementara D2 memiliki nilai koefisien yang lebih besar dari D0 dan D1 sehingga nilai D2 tidak bisa dipakai untuk pengujian lendutan diatas permukaan granular. Oleh sebab itu pada pengujian lendutan pada jalan berkerikil hanya memerlukan data D0 dari pusat pembebanan dengan satu geophone saja untuk menentukan nilai D1 dan tidak memerlukan geophone tambahan.

REFERENSI

- Altatri, Defatia. (2022). *Identifikasi Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Pemilihan Lokasi Rumah Toko (RUKO) Dari Sudut Pandang Pengguna Ruko Dan Pengaruhnya Terhadap Sosial Ekonomi Masyarakat (Studi Kasus: Kecamatan Tualang, Kabupaten Siak)*. Universitas Islam Riau.
- AZIS, ABDUL. (2020). *Studi Hubungan Modulus Aspal Terhadap Tinggi Jatuh Beban Light Weight Deflectometer (Lwd) Laboratorium*. Universitas Hasanuddin.
- Faiz, Itmam Niemi. (2022). *Analisis Stabilitas Dan Penurunan Timbunan Ringan Mortar Busa Dibandingkan Dengan Menggunakan Timbunan Pilihan Pada Oprit Jembatan (Analysis Of Stability And Settlement Of Corrugated Mortar Pusjatan Compared By Using Selected Embankment On Bridge Oprit)(Studi Kasus: Flyover Klonengan, Kabupaten Tegal, Provinsi Jawa Tengah)*.
- Indonesia. (2006). *Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan*.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jendral Bina Marga. (2017). *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Jakarta.
- Lisantono, Ade, & Frederikus Kung, Mikhael. (2016). *Pengaruh Komposisi Serat Polypropylene Terhadap Sifat Mekanik Beton*.
- MULYADI, E. D. Y. (2017). *Pengembangan Ekonomi Wilayah Bogor Barat dalam Konteks Keterkaitan Desa-Kota*. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Nafsiska, Sella. (2019). *Strategi Pengembangan Infrastruktur Di Kelurahan Pematang Pudu Kabupaten Bengkalis*. Universitas Islam Riau.
- Nur Afni Octavia, Nur Afni. (2020). *Peran Pemerintah Daerah Dalam Revitalisasi Infrastruktur Jalan Poros Sabbang-Rongkong Kabupaten Luwu Utara (Perspektif Siyasa Syariah)*. Institut agama islam Negeri (IAIN Palopo).
- Subiantoro, Heru, & Daraba, Darda. (2011). Implikasi Kinerja Transportasi Jalan Pantura Jawa pada Sektor Usaha dan Pertumbuhan Perekonomian di Wilayah Utara Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Ekonomi*, 13(3), 296–332.
- Sugiyono, P. D. (2017). *Metode Penelitian Bisnis: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Kombinasi, dan R&D*. Penerbit CV. Alfabeta: Bandung.
- Sukirman, Silvia. (2003). *Perkerasan Jalan Raya*. In *NOVA*. Bandung.
- Syarifuddin, Syamsubaird, Surya, Batara, & Aksa, S. Kamran. (2022). *Pengembangan Infrastruktur Perkotaan*. Berkah Utami.
- Widiasmoro, Catur. (2017). Analisis Penentuan Prioritas Jalan Kabupaten Poros Antar Kecamatan Guna Mendukung Pengembangan Wilayah di Kabupaten Trenggalek. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. Surabaya.

© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

