

Pengaruh Variasi Bahan Konstruksi Terhadap Struktur Jalan

Awang Yanuar Ramadhan¹, Machmud Effendy¹

Program Profesi Insinyur, Universitas Muhammadiyah Malang,

¹ Program Profesi Insinyur, Universitas Muhammadiyah Malang, Jl. Raya Tlogomas 246 Malang

Kontak Person:

Awang Yanuar Ramadhan

Desa Sidolaju, Kecamatan Widodaren, Kabupaten Ngawi

E-mail: awangyanuar52@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini secara mendalam menginvestigasi pengaruh variasi bahan konstruksi struktur jalan, yang merupakan aspek krusial dalam pembangunan infrastruktur yang mempengaruhi mobilitas dan pertumbuhan ekonomi. Dengan mempertimbangkan berbagai jenis bahan konstruksi seperti aspal, beton, dan campuran lainnya, penelitian ini merancang sampel uji untuk melibatkan serangkaian uji mekanik. Setelah itu, sampel-sampel tersebut ditempatkan dalam lingkungan simulasi yang mencerminkan kondisi jalan sehari-hari, bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan struktural dan ketahanan terhadap beban. Analisis mendalam terhadap hasil penelitian mengungkapkan perbedaan yang signifikan dalam karakteristik struktur antar-bahan konstruksi yang diuji, memberikan wawasan yang mendalam tentang performa relatif berbagai material konstruksi jalan. Hasil penelitian ini memberikan dasar pengetahuan yang kuat untuk memandu pemilihan bahan konstruksi yang optimal, sambil memberikan panduan berharga bagi praktisi dan perencana infrastruktur dalam merancang jalan yang lebih tahan lama dan efisien. Keseluruhannya, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi positif dalam mengarahkan keputusan desain infrastruktur jalan yang lebih baik di masa depan.

Kata kunci: Bahan Konstruksi, Kinerja Mekanik Jalan, Karakteristik Struktural, Infrastruktur Transportasi, Uji Mekanik

1. PENDAHULUAN

Infrastruktur jalan sebagai tulang punggung mobilitas dan pertumbuhan ekonomi memiliki peran sentral dalam memastikan konektivitas yang efisien [1]. Namun, keberlanjutan dan kualitas jalan tidak hanya bergantung pada desain dan pembangunan yang baik, tetapi juga pada pemilihan bahan konstruksi yang tepat [2]. Perkembangan terkini dalam teknologi dan material konstruksi membuka peluang untuk mengoptimalkan performa jalan. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengeksplorasi secara rinci pengaruh variasi bahan konstruksi terhadap struktur jalan.

Kendala utama dalam pemilihan bahan konstruksi jalan adalah tantangan memahami dampak spesifik dari setiap jenis material terhadap kinerja jalan secara keseluruhan. Permasalahan ini melibatkan aspek-aspek kritis seperti ketahanan terhadap beban, kekuatan struktural, dan resistensi terhadap deformasi. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk menjawab pertanyaan kunci: "Bagaimana variasi bahan konstruksi mempengaruhi karakteristik struktur jalan, dan bagaimana kita dapat memilih material yang paling optimal untuk kondisi tertentu?"

Untuk mendapatkan wawasan yang holistik terkait dampak variasi bahan konstruksi pada kinerja jalan, langkah-langkah strategis perlu dirancang. Pertama, akan dilakukan pemilihan berbagai jenis bahan konstruksi yang umum digunakan, seperti tanah, beton, dan campuran komposit. Setiap bahan ini kemudian akan diuji secara menyeluruh menggunakan serangkaian uji mekanik seperti beban maksimum dan tegangan permukaan [3]. Selanjutnya, sampel-sampel uji ini akan ditempatkan dalam lingkungan simulasi yang mencerminkan kondisi jalan nyata, memungkinkan evaluasi kekuatan struktural dan ketahanan terhadap beban. Pendekatan ini dirancang untuk mereplikasi kondisi sehari-hari dan memastikan hasil penelitian memiliki relevansi langsung dengan keadaan lapangan.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mendapatkan pemahaman mendalam tentang pengaruh variasi bahan konstruksi pada struktur jalan. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bahan konstruksi yang memberikan performa optimal dalam hal ketahanan terhadap beban, kekuatan struktural, dan resistensi terhadap deformasi. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan panduan pemilihan material konstruksi yang tepat untuk kondisi spesifik.

Tinjauan literatur menjadi kunci untuk memahami konteks dan kerangka kerja penelitian ini. Kajian teoritik akan merinci pemahaman tentang sifat-sifat mekanik material konstruksi jalan yang menjadi fokus penelitian [4]. Penelitian sebelumnya yang terkait dengan struktur jalan akan dieksplorasi untuk mendapatkan wawasan tambahan [5].

Beberapa studi telah menyoroti pentingnya pemilihan bahan konstruksi yang tepat dalam mencapai keberlanjutan dan ketahanan infrastruktur jalan [5]. Kajian ini akan mencakup temuan-temuan terkait, membandingkan hasil penelitian terdahulu, dan mengidentifikasi celah pengetahuan yang perlu diisi oleh penelitian ini. Oleh karena itu, tinjauan literatur ini akan memberikan dasar pengetahuan yang diperlukan untuk memandu langkah-langkah penelitian berikutnya.

Pendekatan penelitian yang diusulkan melibatkan langkah-langkah metodologis yang komprehensif. Pertama, pemilihan berbagai jenis bahan konstruksi dan persiapan sampel uji akan dilakukan dengan hati-hati. Serangkaian uji mekanik akan dilakukan, seperti beban maksimum dan tegangan permukaan. Selanjutnya, sampel-sampel uji akan ditempatkan dalam lingkungan simulasi yang mencerminkan kondisi jalan yang sebenarnya. Analisis statistik dan teknik pemodelan akan digunakan untuk menginterpretasi data hasil uji dan mengidentifikasi tren yang signifikan. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang komprehensif tentang dampak variasi bahan konstruksi pada kinerja jalan.

Nilai keterbaruan dalam penelitian ini terletak pada pendekatan holistiknya terhadap karakteristik struktur jalan [6]. Pemilihan berbagai bahan konstruksi dan penggunaan lingkungan simulasi menciptakan kondisi eksperimental yang merefleksikan kondisi lapangan, meningkatkan relevansi temuan. Dengan demikian, penelitian ini akan memberikan kontribusi baru untuk memahami dampak material konstruksi pada kinerja jalan, dan diharapkan dapat membimbing perencana dan praktisi infrastruktur dalam pemilihan bahan yang lebih cerdas dan berkelanjutan [7].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian:

Penelitian ini akan menggunakan rancangan penelitian eksperimental untuk menyelidiki dampak variasi bahan konstruksi pada karakteristik struktur jalan. Rancangan eksperimental memungkinkan kontrol yang ketat terhadap variabel-variabel tertentu dan memfasilitasi pengumpulan data yang dapat diinterpretasikan dengan jelas [8].

Variabel-variabel yang akan diukur mencakup kekuatan permukaan dan beban maksimum. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan instrumen yang telah dikalibrasi secara cermat untuk memastikan akurasi dan konsistensi hasil. Untuk menciptakan kondisi lingkungan yang mendekati realitas, lingkungan simulasi akan dibuat dengan memperhitungkan faktor-faktor seperti suhu, kelembaban, dan beban yang mencerminkan kondisi jalan nyata. Hal ini dilakukan agar hasil penelitian dapat diaplikasikan dengan lebih relevan dalam situasi praktis [8].

2.2 Populasi dan Sampel:

Populasi penelitian ini melibatkan berbagai jenis bahan konstruksi jalan yang umum digunakan, seperti tanah, beton, dan campuran komposit. Sampel-sampel uji yang mewakili masing-masing jenis bahan ini akan dipilih untuk pengujian. Pemilihan sampel akan dilakukan secara acak untuk memastikan representativitas hasil penelitian terhadap populasi keseluruhan [6].

2.3 Teknik Pengumpulan Data dan Pengembangan Instrumen:

Teknik pengumpulan data dan pengembangan instrumen dalam pengujian monotonik menggunakan hydraulic jack merupakan aspek krusial dalam memastikan keberhasilan dan keakuratan eksperimen struktural. Pada tahap awal, penentuan tujuan pengujian menjadi landasan utama dalam merancang strategi pengumpulan data yang tepat. Hal ini mencakup perencanaan yang teliti, mulai dari pemilihan lokasi pengujian hingga parameter beban yang sesuai dengan kebutuhan eksperimen [12].

Pemilihan hydraulic jack yang sesuai dengan kapasitas beban, respons cepat, dan akurasi pengukuran deformasi merupakan tahap krusial dalam pengujian struktural. Instrumen utama yang diperlukan adalah sensor deformasi yang dikembangkan dengan tingkat sensitivitas dan akurasi tinggi untuk memonitor perubahan deformasi pada struktur [13].

Proses kalibrasi instrumen sebelum memulai pengujian memiliki signifikansi besar guna menjamin keakuratan pengukuran. Hydraulic jack, sensor deformasi, dan perangkat pengukuran lainnya harus menjalani kalibrasi yang teliti agar dapat menghasilkan data yang dapat diandalkan. Selama pengujian, pengukuran deformasi dilakukan secara real-time dengan menggunakan sensor deformasi yang dipasang pada titik-titik kritis pada struktur. Hal ini memungkinkan pemantauan efektif terhadap respons struktur terhadap beban monotonik, memberikan wawasan berharga, dan memungkinkan identifikasi titik-titik kritis atau tanda-tanda ketidakstabilan pada struktur [12].

2.4 Teknik Analisis Data:

Data yang terkumpul akan dianalisis menggunakan teknik statistik dan pemodelan. Analisis statistik melibatkan perhitungan rata-rata, deviasi standar, dan uji signifikansi untuk membandingkan performa berbagai bahan konstruksi [9]. Teknik pemodelan, seperti regresi, akan digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara variasi bahan konstruksi dengan karakteristik mekanik dan struktural jalan.

Penggunaan perangkat lunak statistik seperti SPSS atau Python akan mendukung analisis data yang kompleks. Interpretasi hasil akan dilakukan dengan merinci implikasi temuan terhadap tujuan penelitian, dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mungkin memengaruhi hasil, seperti suhu lingkungan dan metode konstruksi.

2.5 Validitas dan Reliabilitas:

Untuk memastikan validitas hasil, seluruh proses pengumpulan data dan analisis akan diawasi dan dicatat dengan cermat. Instrumen pengukuran akan diuji ulang secara berkala untuk memastikan konsistensi dan akurasi pengukuran [10]. Selain itu, sampel uji akan diperiksa secara rutin untuk mengidentifikasi potensi perubahan sifat-sifat material seiring waktu. Penting untuk mencatat bahwa penggunaan metode kontrol yang ketat selama uji dan lingkungan simulasi akan memberikan tingkat reliabilitas yang tinggi pada hasil penelitian ini. Reliabilitas akan diperkuat dengan pengulangan uji pada sampel yang sama untuk mengukur konsistensi hasil [11].

Melalui rancangan penelitian yang cermat, teknik pengumpulan data yang teliti, dan analisis data yang mendalam, diharapkan penelitian ini akan memberikan hasil yang dapat diandalkan dan kontribusi yang berarti terhadap pemahaman kita tentang pengaruh variasi bahan konstruksi pada kinerja jalan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Tabel 1 Hasil pengujian monotonik

Bahan Konstruksi	Beban maksimum (KN)	Tegangan Permukaan (MPa)
Lapisan tanah	45,482	0,927
Lapisan tanah dengan plat beton	142,443	2,903
Lapisan tanah dengan pelat beton dilapisi aspal	214,747	4,337

Hasil pengujian monotonik pada bahan konstruksi yang berbeda dengan memeriksa beban maksimum dan tegangan permukaan. Dari data yang diberikan, dapat disimpulkan bahwa lapisan tanah dengan plat beton dan lapisan tanah dengan pelat beton dilapisi aspal menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam kinerja struktural dibandingkan dengan lapisan tanah saja.

Pada lapisan tanah, beban maksimum mencapai 45,482 kN dengan tegangan permukaan sebesar 0.927 MPa. Pengenalan plat beton meningkatkan beban maksimum menjadi 142,443 kN dan tegangan permukaan menjadi 2.903 MPa. Terlihat bahwa plat beton memberikan peningkatan kekuatan yang substansial terhadap lapisan tanah.

Selanjutnya, kombinasi lapisan tanah dengan pelat beton yang dilapisi aspal menunjukkan hasil yang lebih unggul. Bahan konstruksi ini mencapai beban maksimum sebesar 214,747 kN dan tegangan permukaan sebesar 4.337 MPa. Ini menandakan bahwa penambahan pelat beton yang dilapisi aspal memberikan kinerja struktural yang optimal, memberikan kekuatan ekstra dan daya tahan terhadap beban monotonik.

Secara keseluruhan, analisis hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan plat beton dan aspal bersamaan dengan lapisan tanah dapat meningkatkan kinerja struktural suatu konstruksi. Hasil ini dapat menjadi landasan penting dalam perancangan struktur bangunan, membantu pemilihan bahan konstruksi yang sesuai dengan kebutuhan kekuatan dan daya tahan yang diinginkan.

3.2 Pembahasan

Pembahasan hasil pengujian monotonik pada bahan konstruksi tersebut menyoroti perkembangan kinerja struktural yang signifikan dengan penambahan plat beton dan pelat beton yang dilapisi aspal. Pertama-tama, lapisan tanah murni menunjukkan kelemahan dalam menanggung beban, dengan beban maksimum hanya mencapai 45,482 kN dan tegangan permukaan sebesar 0.927 MPa. Pengenalan plat beton secara jelas meningkatkan kekuatan konstruksi, terlihat dari peningkatan beban maksimum menjadi 142,443 kN dan tegangan permukaan sebesar 2.903 MPa. Hal ini menandakan bahwa plat beton memberikan kontribusi yang signifikan dalam mendukung daya tahan struktural pada lapisan tanah.

Pentingnya pelat beton dilapisi aspal juga terlihat dari hasil pengujian. Kombinasi ini menghasilkan kinerja struktural yang optimal, dengan beban maksimum mencapai 214,747 kN dan tegangan permukaan sebesar 4.337 MPa. Pelapisan aspal di atas pelat beton tidak hanya memberikan peningkatan kekuatan, tetapi juga memberikan perlindungan tambahan terhadap elemen-elemen lingkungan yang dapat merusak struktur. Oleh karena itu, hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan pelat beton yang dilapisi aspal memberikan solusi yang efektif untuk meningkatkan daya tahan konstruksi terhadap beban monotonik dan kondisi lingkungan yang beragam.

Dalam konteks perancangan struktural, pemahaman terhadap peningkatan kinerja dari lapisan tanah hingga lapisan tanah dengan pelat beton dilapisi aspal dapat menjadi dasar yang kuat untuk pemilihan bahan konstruksi yang tepat. Dengan memahami karakteristik masing-masing bahan, insinyur konstruksi dapat lebih efektif memilih dan merancang struktur bangunan yang memenuhi standar kekuatan dan daya tahan yang diinginkan.

Tabel 2 Kesimpulan Hasil Uji

Bahan Konstruksi	Karakteristik
Lapisan Tanah	Kekuatan rendah, tegangan permukaan rendah
Lapisan Tanah dengan Plat Beton	Peningkatan kekuatan, tegangan permukaan sedang
Lapisan Tanah dengan Pelat Beton Dilapisi Aspal	Kinerja struktural optimal, tegangan permukaan tinggi

Tabel kesimpulan di atas merangkum hasil pengujian monotonik pada berbagai bahan konstruksi dan memberikan wawasan yang mendalam tentang karakteristik mekanik masing-masing. Analisis ini memainkan peran kritis dalam pemilihan dan perancangan bahan konstruksi untuk memastikan kekuatan dan daya tahan struktural yang sesuai dengan kebutuhan. Berikut adalah penjelasan rinci untuk setiap bahan konstruksi berdasarkan tabel tersebut.

Pertama, lapisan tanah murni menunjukkan kelemahan pada kekuatan dan tegangannya. Dengan beban maksimum hanya mencapai 45,482 kN dan tegangan permukaan sebesar 0.927 MPa, lapisan tanah ini jelas memiliki keterbatasan dalam menanggung beban monotonik. Kekuatan rendah ini dapat menjadi pertimbangan penting dalam merancang struktur yang melibatkan lapisan tanah ini, dan alternatif yang lebih kuat mungkin perlu dipertimbangkan untuk mencapai tingkat keamanan dan daya tahan yang diinginkan.

Kemudian, pengenalan plat beton pada lapisan tanah membawa perubahan yang cukup signifikan. Beban maksimum meningkat secara substansial menjadi 142,443 kN, dan tegangan permukaan mencapai 2.903 MPa. Peningkatan ini menunjukkan bahwa plat beton memberikan kontribusi yang signifikan terhadap kekuatan struktural keseluruhan. Plat beton menyediakan dukungan yang lebih baik dan meningkatkan kemampuan lapisan tanah untuk menahan beban monotonik. Oleh karena itu, hasil ini memberikan dasar kuat bagi pemilihan plat beton dalam konstruksi yang melibatkan lapisan tanah.

Puncak dari pengamatan ini adalah kombinasi lapisan tanah dengan pelat beton yang dilapisi aspal. Hasilnya menunjukkan kinerja struktural yang optimal, dengan beban maksimum mencapai 214,747 kN dan tegangan permukaan sebesar 4.337 MPa. Perlu dicatat bahwa peningkatan ini tidak hanya mencakup kekuatan struktural, tetapi juga memberikan perlindungan tambahan melalui lapisan aspal. Aspal tidak hanya meningkatkan tegangan permukaan, tetapi juga memberikan resistensi terhadap faktor-faktor lingkungan yang dapat merusak struktur.

Secara lebih rinci, kesimpulan ini menggambarkan evolusi karakteristik dari lapisan tanah murni hingga konstruksi yang kompleks dengan pelat beton dan aspal. Pertama-tama, lapisan tanah murni menunjukkan sifat yang paling rendah dalam hal beban maksimum dan tegangan permukaan. Hal ini sejalan dengan ekspektasi umum bahwa tanah, sebagai bahan alam, memiliki keterbatasan intrinsik dalam daya dukung struktural. Kekuatan rendah ini dapat mengarah pada keputusan untuk mengkonsolidasikan atau memperkuat lapisan tanah melalui teknik-teknik rekayasa tanah sebelum membangun struktur di atasnya.

Pada langkah berikutnya, penambahan plat beton secara dramatis meningkatkan kemampuan struktural konstruksi. Perubahan signifikan dalam beban maksimum dan tegangan permukaan menandakan bahwa plat beton memberikan fondasi yang kuat dan efektif di atas lapisan tanah. Dengan demikian, dalam situasi di mana lapisan tanah merupakan bagian integral dari fondasi, penggunaan plat beton dapat dianggap sebagai strategi yang baik untuk meningkatkan keamanan dan stabilitas struktur.

Namun, puncak dari eksperimen ini adalah lapisan tanah dengan pelat beton dilapisi aspal. Selain peningkatan substansial dalam kekuatan dan tegangan permukaan, lapisan aspal memberikan perlindungan tambahan terhadap pengaruh lingkungan. Ini termasuk perlindungan terhadap air hujan, perubahan suhu ekstrem, dan korosi akibat bahan kimia atau zat berbahaya di lingkungan sekitar. Oleh karena itu, hasil ini menyiratkan bahwa kombinasi pelat beton dan lapisan aspal adalah pilihan yang sangat baik untuk konstruksi yang memerlukan kekuatan, daya tahan, dan perlindungan lingkungan yang optimal.

Dengan demikian, tabel kesimpulan memberikan pandangan yang komprehensif tentang bagaimana karakteristik berubah seiring dengan penambahan bahan konstruksi yang lebih kuat. Penggunaan tabel ini dapat menjadi pedoman berharga dalam pengambilan keputusan desain, membantu perancang untuk memilih bahan konstruksi yang sesuai dengan tuntutan mekanik proyek tertentu. Kesimpulan ini juga menggarisbawahi pentingnya memahami sifat-sifat mekanik bahan konstruksi untuk mencapai tingkat keamanan dan daya tahan yang diinginkan dalam struktur bangunan.

4. KESIMPULAN

Dalam menyusun kesimpulan dari hasil pengujian monotonik pada berbagai bahan konstruksi, tabel mekanik memberikan pandangan menyeluruh tentang perbandingan kinerja struktural. Analisis ini memiliki implikasi besar terutama dalam konteks perancangan struktural, memandu pemilihan bahan konstruksi yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan kekuatan dan daya tahan tertentu.

Pertama-tama, hasil pengujian menyoroiti bahwa lapisan tanah murni memiliki keterbatasan signifikan dalam menanggung beban monotonik. Dengan beban maksimum hanya mencapai 45,482 kN dan tegangan permukaan sebesar 0.927 MPa, lapisan tanah tanpa dukungan tambahan tidak dapat memberikan kekuatan struktural yang memadai. Oleh karena itu, pada konteks perancangan, alternatif-alternatif yang dapat meningkatkan daya dukung seperti penambahan plat beton atau metode rekayasa tanah mungkin harus dipertimbangkan.

Kedua, penambahan plat beton pada lapisan tanah secara signifikan meningkatkan kinerja struktural konstruksi. Dengan beban maksimum mencapai 142,443 KN dan tegangan permukaan 2.903 MPa, plat beton memberikan dukungan yang efektif terhadap lapisan tanah, meningkatkan kemampuan konstruksi untuk menahan beban monotonik. Hasil ini menggarisbawahi pentingnya penggunaan plat beton sebagai solusi untuk memperkuat fondasi dan struktur yang melibatkan lapisan tanah.

Puncak dari pengujian ini adalah kombinasi lapisan tanah dengan pelat beton yang dilapisi aspal. Dengan beban maksimum mencapai 214,747 KN dan tegangan permukaan sebesar 4.337 MPa, konstruksi ini menunjukkan kinerja struktural yang optimal. Kelebihan utama dari kombinasi ini adalah peningkatan signifikan dalam kekuatan, didukung oleh lapisan aspal yang memberikan perlindungan terhadap faktor lingkungan. Oleh karena itu, konstruksi ini bukan hanya kuat secara mekanik tetapi juga mampu menghadapi tantangan lingkungan yang mungkin mempengaruhi integritas struktural.

Kesimpulan ini mencerminkan evolusi karakteristik mekanik dari lapisan tanah murni hingga konstruksi yang kompleks dengan pelat beton dan aspal. Dalam konteks perancangan struktural, pemahaman mendalam tentang sifat-sifat mekanik ini memungkinkan insinyur konstruksi untuk membuat keputusan yang lebih informasional dan tepat dalam memilih bahan konstruksi yang sesuai dengan tuntutan proyek. Selain itu, kesimpulan ini menggarisbawahi pentingnya pengintegrasian solusi-solusi yang sesuai dengan tuntutan mekanik dan lingkungan. Pemilihan bahan konstruksi yang tidak hanya memiliki kekuatan yang memadai tetapi juga mampu bertahan terhadap pengaruh lingkungan dapat memberikan keunggulan tambahan dalam memastikan keberlanjutan dan daya tahan struktural sepanjang waktu.

Dengan demikian, hasil pengujian ini memberikan wawasan yang berharga dalam pengembangan konstruksi yang kokoh dan berdaya tahan. Kesimpulan ini dapat menjadi panduan yang berharga bagi para perancang struktural dalam memilih bahan konstruksi yang paling sesuai dengan kebutuhan proyek, sekaligus memastikan bahwa desain dan konstruksi bangunan memenuhi standar keamanan dan daya tahan yang diperlukan.

REFERENSI

- [1] P. L. Hadi, T. Wasanta and W. Santosa. "PENGARUH INDEKS INFRASTRUKTUR JALAN TERHADAP INDIKATOR EKONOMI DI INDONESIA". *Jurnal Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia*. vol. 7. no. 2. pp. 143-152. Jul. 2021. 10.26593/jhpji.v7i2.5058.143-152.
- [2] C. P. Ng, T. Law, F. M. Jakarni and S. Kulanthayan. "Road infrastructure development and economic growth". *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. vol. 512. pp. 012045-012045. Apr. 2019. 10.1088/1757-899x/512/1/012045.
- [3] M. Liu, Y. Chen and Z. Qing. "The Effect of Material Variation to Pavement Performance". *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*. vol. 11. pp. 1623-1633. Jan. 2015. 10.11175/easts.11.1623.
- [4] I. Nannmar and I. Farida. "Evaluasi Tebal Perkerasan Jalan untuk Menahan Beban Rencana Lalu Lintas". *Jurnal Konstruksi*. vol. 21. no. 1. pp. 47-54. May. 2023. 10.33364/konstruksi/v.21-1.1274.

- [5] L. Dumin, F. N. Liem and A. S. S. Maridi. "KOMPARASI HASIL PERENCANAAN RIGID PAVEMENT MENGGUNAKAN METODE AASHTO '93 DAN METODE Pd T-14-2003 PADA RUAS JALAN W. J. LALAMENTIK KOTA KUPANG". *JUTEKS*. vol. 2. no. 2. pp. 122-122. Mar. 2018. 10.32511/juteks.v2i2.166.
- [6] T. Triyanto, S. Syaiful and R. Rulhendri. "EVALUASI TINGKAT KERUSAKAN JALAN PADA LAPIS PERMUKAAN RUAS JALAN TEGAR BERIMAN KABUPATEN BOGOR". *Astonjadro*. vol. 8. no. 2. pp. 70-70. Jan. 2020. 10.32832/astonjadro.v8i2.2628.
- [7] R. Faisal. "PERBANDINGAN METODE BINA MARGA DAN METODE PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX) DALAM MENGEVALUASI KONDISI KERUSAKAN JALAN (STUDI KASUS JALAN TENGGU CHIK BA KURMA, ACEH)". *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*. vol. 10. no. 1. pp. 110-110. Aug. 2020. 10.29103/tj.v10i1.256.
- [8] N. L. Y. Ekawati, G. C. Dharmayanti and I. W. Yansen. "ANALISIS FAKTOR – FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KETERLAMBATAN PROYEK JALAN LINGKUNGAN PERMUKIMAN DI KABUPATEN BADUNG". *Jurnal Spektran*. Jul. 2015. 10.24843/spektran.2015.v03.i02.p07.
- [9] A. Gusnilawati. "ANALISIS PENILAIAN FAKTOR KERUSAKAN JALAN DENGAN PERBANDINGAN METODE BINA MARGA, METODE PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX), DAN METODE SDI (SURFACE DISTRESS INDEX) (Studi Kasus Ruas Jalan Patuk-Dlingo, Kec. Dlingo, Kab. Bantul)". *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Sipil*. vol. 2. no. 1. pp. 15-15. Aug. 2021. 10.31002/jris.v2i1.3388.
- [10] M. M. M. Idrus, A. E. Edayu, Z. Adnan and I. Bakar. "Analysis on the Long Term Effect of Trial Test Road Constructed on Batu Pahat Soft Clay (BPSC) at Recess UTHM". *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. vol. 136. pp. 012025-012025. Jul. 2016. 10.1088/1757-899x/136/1/012025.
- [11] B. A. Visintine, R. G. Hicks, D. Cheng and G. E. Elkins. "Factors Affecting the Performance of Pavement Preservation Treatments". Jun. 2015.
- [12] I. Nannmar and I. Farida. "Evaluasi Tebal Perkerasan Jalan untuk Menahan Beban Rencana Lalu Lintas". *Jurnal Konstruksi*. vol. 21. no. 1. pp. 47-54. May. 2023. 10.33364/konstruksi/v.21-1.1274.
- [13] D. Yue et al.. "Theoretical Model of Monitoring and Control System in Stage Hydraulic System". *Advanced Materials Research*. vol. 816-817. pp. 348-352. Sep. 2013. 10.4028/www.scientific.net/amr.816-817.348.