Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (1) 2026, Page: 9332-9337

Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2017 (Studi Kasus : Ruas Jalan Kampus Universitas Pattimura Ambon - Segmen 4 Sta 00+000 – 00+408)

Indra Mayasari Hamim[1], Juliet G. Metekohy[2], M. R. Ayal[3]
[1,2,3]Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Corresponding Author: Indramayasari2000@gmail.com

Published: February , 2026

ABSTRAK

Pembangunan jalan di kampus UNPATTI digagas untuk memperbaiki kualitas jalan sekaligus sebagai salah satu bentuk peningkatan kualitas pada infrastruktur jalan di kampus UNPATTI. Tujuan dari perencanaan ini adalah menghitung tebal perkerasan kaku (Rigid Pavement) dengan menggunakan metode MDPJ 2017. Oleh karena itu dilakukan perencanaan ini meliputi survei lalu lintas dan mengetahui (California Bearing Ratio) CBR tanah dasar. Untuk merencanakan lapis perkerasan kaku (Rigid pavement) dibutuhkan data primer yaitu data LHR, data CBR, data Long Section, data Cross Section, dan data sekunder yaitu data peta lokasi. Berdasarkan hasil analisa didapatkan data LHR dari hari senin sebagai hari tersibuk yang melayani arus lalu-lintas, serta daya dukung tanah CBR hasil pengujian DCP sebesar 2,15%. Hasil dari perhitungan menggunakan metode MDPJ 2017 untuk ruas jalan depan pertigaan pujasera sampai ke Fakultas Teknik Geologi dengan panjang 408 meter, dari STA 00+000 – 00+408 dengan perincian tebal pelat beton 16 cm, lapis drainase 12,5 cm, lapis pondasi 15 cm, timbunan pilihan 15 cm.

Kata Kunci : Perkerasan kaku, MDPJ 2017, CBR

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Perkembangan moda transportasi di Indonesia saat ini terjadi begitu cepat. Pertumbuhan jumlah moda tranportasi yang cukup tinggi membuat kebutuhan kapasitas jalan yang memadai juga cukup tinggi. Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi angkutan darat yang berfungsi sebagai penghubung antar daerah satu dengan daerah lainnya serta mempunyai peran penting dalam bidang perekonomian, parawisata, sosial budaya, dan pertahanan keamanan nasional.

Jalan adalah sarana transportasi darat yang memiliki peranan yang sangat penting sebagai sarana pendistribustian barang serta jasa. Dengan peranan jalan yang sangat penting bagi pertumbuhan ekonomi harus di imbangi dengan kondisi perkerasan yang baik untuk menopang kendaraan yang lewat.

Salah satu faktor yang mempengaruhi meningkatnya kepadatan lalu lintas yaitu faktor pertumbuhan industri dan ekonomi pada suatu daerah, sehingga karena perkembangan tersebut, maka secara otomatis menyebabkan meningkatnya kepadatan lalu lintas suatu daerah, baik akibat kendaraan yang masuk disuatu daerah atau yang akan meninggalkan daerah tersebut, untuk itu sarana transportasi jalan yang dibutuhkan adalah sarana transportasi yang lancar, aman dan nyaman yaitu sarana jalan yang memenuhi persyaratan dari segi perencanaan , pembangunan, perawatan dan pengelolaannya. Dengan adanya sarana transportasi jalan ini akan dapat memperlancar arus komunikasi dan informasi antar daerah sehingga tidak ada lagi manusia yang tinggal didaerah terisolir.

Agar konstruksi jalan dapat melayani arus lalu lintas sesuai dengan umur rencana, maka perlu di buat perencanaan perkerasan yang baik, karena dengan perkerasan yang baik di harapkan konstruksi perkerasan jalan mampu memikul beban kendaraan yang melintas dan menyebarkan beban tersebut ke lapisan-lapisan di bawahnya dan tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri, dan dengan demikian akan memberikan kenyamanan pada pengguna jalan selama masa pelayanan jalan atau umur rencana.

Ada dua jenis konstruksi perkerasan jalan yang umum kita kenal saat ini, yaitu konstruksi perkerasan lentur (Flexible pavement) Dan konstruksi perkerasan kaku (Rigid pavement). Perencanaan tebal perkerasan menggunakan perkerasan kaku untuk jalan menjadi pilihan yang tepat karena perkerasan jenis ini mempunyai kekuatan konstruksi yang di tentukan oleh pelat beton sendiri, tanah dasar tidak begitu menentukan cocok untuk segala jenis pembebanan lalu lintas yang berat atau statis sekalipun, umur rencana dapat mencapai 20 tahun dapat lebih bertahan terhadap kondisi dranaise yang lebih buruk, dan biaya pemeliharaan relatif rendah bahkan tidak ada. Proses pekerjaan perkerasan kaku di lapangan harus sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah di setujui oleh konsultan sehingga menghasilkan perkerasan kaku yang baik dan memuaskan. Jika pelaksanaan tidak sesuai dengan spesifikasi yang ada maka akan menimbulkan kerusakan pada perkerasan seperti retak, pumping patah, umur rencana yang tidak tercapai.

Oleh karena itu perkerasan kaku adalah salah satu opsi dalam pembangunan sarana transportasi yang konstruksinya sangat di andalkan untuk jalan yang di lintasi oleh kendaraan bermuatan berat. Perkerasan kaku mempunyai komposisi konstruksi seperti slab dan lampisan pondasi dari beton. Pada umumnya di pakai pada jalan yang memiliki arus lalu lintas yang cukup padat, pada dasarnya umur jalan saat ini sangat relatif pendek (kerusakan) karena bertambahnya jumlah kendaraan yang semakin tahun semakin bertambah serta pemeliharaan jalan yang kurang baik. Akan tetapi jika jalan rigid di pelihara dengan baik maka umur jalan akan lebih lama. Tetapi jika jalan rigid mengalami kerusakan dan tidak cepat di tangani akan mengalami kerusakan yang sangat cepat

Universitas Pattimura Ambon (UNPATTI) merupakan sebuah perguruan tinggi negeri yang berlokasi di Ambon, Provinsi Maluku dengan Universitas Pattimura sendiri di dirikan sejak tanggal 23 April 1963 dengan gedung kampus yang beralamat di JL. Ir.

M. Putuhena Kampus Poka, Ambon, Maluku. Pembangunan jalan di kampus UNPATTI di gagas untuk memperbaiki kualitas jalan sekaligus sebagai salah satu bentuk peningkatan kualitas pada infrastruktur jalan di kampus UNPATTI. Kawasan jalan masuk kampus UNPATTI saat ini banyak di lalui kendaraan mulai dari kendaraan kecil seperti sepeda motor sampai dengan kendaraan besar seperti mobil. Kerusakan di wilayah jalan kampus UNPATTI saat ini belum di laksanakannya konstruksi perkerasan sehingga cepat mengalami kerusakan jalan seperti jalan yang berlubang mulai dari tingkat sedang hingga berat dan beberapa titik jalan pun sering kali terendam oleh air. Jalan tersebut merupakan jalan umum dan sebagai jalan alternatif yang sering kali di lalui oleh mahasiswa, dosen, pegawai serta masyarakat terutama pada jam-jam kerja dan jam kuliah.

Dalam hal penelitian ini perencanaan perkerasan yang di laksanakan merupakan perkerasan kaku berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017. Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 yaitu metode yang ditetapkan oleh Direktoral Jendral Bina Marga yang mengacu pada ketentuan-ketentuan dan langkah dalam merencanakan tebal perkerasan sehingga kualitas dalam rangka meningkatkan dan mengembangkan kinerja jalan teruji sesuai umur rencana yang diinginkan.

Dengan adanya permasalahan yang ada, penulis akan meninjau dan merencanakan Jalan Kampus Universitas Pattimura yang akan di tulis dalam tugas akhir dengan judul "Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2017.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis dan menggambarkan perencanaan tebal perkerasan kaku berdasarkan data numerik dan perhitungan teknis. Pendekatan ini dipilih karena penelitian diawali dengan pengumpulan data lapangan dan data pendukung, kemudian dilanjutkan dengan proses pengolahan dan analisis data guna memperoleh hasil perencanaan yang rasional dan sistematis. Perhitungan tebal perkerasan kaku dalam penelitian

ini mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2017, sehingga hasil yang diperoleh sesuai dengan standar perencanaan yang berlaku.

Objek penelitian ini adalah data hasil perhitungan tebal perkerasan kaku pada ruas jalan Kampus Universitas Pattimura yang dianalisis menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017. Untuk mencapai tujuan penelitian, dilakukan beberapa tahapan yang meliputi pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan pembahasan hasil perhitungan, serta penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan data berkala, yaitu data yang dikumpulkan secara bertahap sesuai dengan kebutuhan proses penelitian. Pelaksanaan penelitian berlangsung selama enam bulan, yaitu sejak 10 Desember 2022 hingga 10 Juni 2023. Lokasi penelitian berada pada ruas jalan Kampus Universitas Pattimura, Kelurahan Poka, Kota Ambon, yang membentang dari depan pertigaan pujasera hingga depan Fakultas Teknik Geologi

Variabel dalam penelitian ini terdiri atas variabel bebas dan variabel terikat. Variabel terikat adalah tebal perkerasan kaku, sedangkan variabel bebas meliputi umur rencana, volume kelompok sumbu kendaraan niaga (ESA4), pertumbuhan lalu lintas, lalu lintas rencana, beban standar kumulatif, jenis sambungan, jenis bahu jalan, serta penulangan pelat beton termasuk posisi dowel dan tie bar. Variabel bebas tersebut diduga memengaruhi besarnya tebal perkerasan kaku yang direncanakan, sesuai dengan landasan teoritis yang digunakan dalam perencanaan perkerasan jalan.

Perencanaan dalam penelitian ini dituangkan dalam bentuk gambar perencanaan yang merupakan visualisasi dari hasil analisis dan perhitungan struktur perkerasan jalan. Gambar perencanaan berfungsi sebagai pedoman dalam pelaksanaan pekerjaan, dasar perhitungan volume dan estimasi biaya, serta alat bantu pengawasan selama proses pelaksanaan. Fokus utama dalam perencanaan perkerasan kaku adalah penentuan tebal pelat beton yang efektif sesuai dengan metode perhitungan yang digunakan.

Pengumpulan data merupakan tahapan penting dalam penelitian ini karena sangat menentukan keakuratan hasil perencanaan. Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan yang meliputi data lalu lintas harian rata-rata (LHR), nilai CBR tanah dasar, serta kondisi eksisting jalan. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait dan sumber literatur sebagai data pendukung, seperti peta lokasi penelitian dan dokumen teknis perencanaan jalan.

Analisis data dilakukan dengan mengelompokkan dan mengolah data sesuai dengan tujuan penelitian agar diperoleh hasil perencanaan yang efektif dan tepat. Analisis meliputi pengolahan data lalu lintas untuk menentukan beban rencana serta analisis data tanah dasar sebagai dasar perhitungan struktur perkerasan kaku. Selain itu, peta lokasi dan data topografi digunakan untuk mengetahui kondisi eksisting wilayah penelitian, posisi jalan, serta elevasi jalan yang menjadi objek penelitian. Seluruh tahapan penelitian tersebut disusun secara sistematis dan disajikan dalam bentuk diagram alur penelitian untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai proses penelitian yang dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Nilai CBR Subgrade (Tanah Dasar)

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan nilai CBR tanah dasar pada ruas Jalan Kampus Universitas Pattimura Ambon yang disajikan pada Tabel 4.2, selanjutnya dilakukan penentuan nilai CBR karakteristik untuk memperoleh tingkat keseragaman tanah dasar. Penentuan CBR karakteristik dilakukan menggunakan persamaan yang mengacu pada probabilitas 80% untuk jalan lokal dan jalan kecil, yaitu dengan mengurangkan nilai rata-rata CBR dengan hasil perkalian faktor probabilitas dan deviasi standar. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai CBR karakteristik sebesar 1,26%.

Selanjutnya, nilai modulus tanah dasar yang diperoleh dari hasil pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP) perlu disesuaikan dengan kondisi musim pada saat pengujian dilakukan. Berdasarkan Tabel 2.13, faktor penyesuaian modulus tanah terhadap kondisi musim transisi antara musim hujan dan musim kemarau adalah sebesar 0,80. Dengan demikian, nilai CBR desain diperoleh dari hasil perkalian nilai CBR rata-rata hasil pengujian DCP dengan faktor penyesuaian musim. Hasil

perhitungan menunjukkan bahwa nilai CBR desain tanah dasar pada lokasi penelitian adalah sebesar 2,15%.

Perhitungan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 untuk Alternatif Perkerasan Kaku

Tabel 1. Bagan Desain – 4a. Perkerasan Kaku Untuk Jalan Dengan Beban Lalu Lintas Rendah

	tanah dasar			
	tanah lunak dengan lapis penopang		**dipadatkan normal**	
bahu pelat beton *(tied shoulder*)	ya	tidak	ya	**tidak**
	tebal pelat beton (mm)			
akses terbatas hanya mobil penumpang dan motor	160	175	135	**150**
dapat diakses oleh truk	180	200	160	**175**
tulang distribusi retak	ya		**ya jika daya dukung fondasi tidak seragam**	
dowel	**tidak dibutuhkan**			
lmc	**tidak dibutuhkan**			
lapis fondasi kelas a (ukuran butir nominal maksimum 30 mm)	**125 mm = 12,5 cm**			
jarak sambungan melintang	**4 m**			

sumber : hasil analisa berdasarkan manual desain perkerasan jalan 2017

berdasarkan hasil perhitungan pada tabel diperoleh nilai beban standar kumulatif sebesar 142.747,12 serta mengacu pada tabel 4.9 bagan desain – 4a perkerasan kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas rendah, maka perhitungan dimensi pelat beton sesuai dengan prosedur perencanaan pada mdpj 2017 point 8 mengacu pada pd t-14-2003 dapat diketahui sebagai berikut.

: beton semen dengan sambungan tanpa tulangan distribusi retak.

umur rencana : 40 tahun (2023 – 2063)

tebal pelat beton : 16 cm

lapis pondasi : 15 cm stabilisasi semen

lapis drainase : 12,5 cm

timbunan pilihan : 15 cm

Pnentuan umur rencana perkerasan pada penelitian ini mengacu pada pedoman Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017. Berdasarkan ketentuan dalam pedoman tersebut, umur rencana perkerasan kaku untuk lapis fondasi, lapis beton semen, dan fondasi jalan ditetapkan sebesar 40 tahun. Oleh karena itu, umur rencana perkerasan pada ruas Jalan Kampus Universitas Pattimura Ambon ditetapkan selama periode 2023 hingga 2063.

Pemilihan struktur perkerasan dilakukan dengan mempertimbangkan nilai beban lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Berdasarkan hasil perhitungan nilai Equivalent Standard Axle Load (ESA4) selama 40 tahun, diperoleh nilai sebesar 81.019,695 ESA4, yang menunjukkan bahwa beban

lalu lintas kendaraan niaga berada di bawah 30 juta ESA4. Dengan kondisi tersebut, maka ruas Jalan Kampus Universitas Pattimura Ambon segmen 4 STA 00+000 sampai STA 00+408 memenuhi kriteria untuk menggunakan struktur perkerasan kaku. Hasil perhitungan nilai ESA4 ini diperoleh dari pengolahan data lalu lintas harian rata-rata, faktor pertumbuhan lalu lintas, faktor distribusi arah, faktor distribusi lajur, serta faktor pertumbuhan kumulatif selama umur rencana.

Faktor pertumbuhan lalu lintas pada lokasi penelitian ditentukan berdasarkan klasifikasi jenis jalan. Ruas Jalan Kampus Universitas Pattimura Ambon merupakan jalan desa atau jalan lingkungan yang berfungsi menghubungkan kawasan permukiman dan fasilitas kampus. Oleh karena itu, sesuai dengan pedoman Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, faktor pertumbuhan lalu lintas yang digunakan adalah sebesar 1,00% per tahun. Berdasarkan nilai tersebut, faktor pertumbuhan kumulatif selama umur rencana 40 tahun diperoleh sebesar 48,886.

Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam bentuk beban sumbu standar kumulatif dengan memperhitungkan faktor distribusi arah dan faktor distribusi lajur. Pada lokasi penelitian ini digunakan faktor distribusi arah sebesar 0,50, sedangkan faktor distribusi lajur sebesar 1,00 karena ruas jalan hanya memiliki dua arah dengan satu lajur. Perhitungan beban sumbu standar kumulatif hanya mempertimbangkan kendaraan berat, sedangkan sepeda motor, mobil pribadi, dan bus kecil dianggap tidak memberikan kontribusi terhadap kerusakan struktur perkerasan. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai kumulatif kelompok sumbu kendaraan berat selama umur rencana 40 tahun adalah sebesar 142.747,12.

Perencanaan struktur fondasi jalan dilakukan dengan mengacu pada Bagan Desain–2 Manual Desain Perkerasan Jalan 2017. Dengan nilai CBR desain tanah dasar sebesar 2,15%, maka diperlukan upaya peningkatan daya dukung tanah dasar hingga mencapai CBR minimum 6%. Berdasarkan bagan desain tersebut, tanah dasar diklasifikasikan ke dalam kelas kekuatan tanah SG6 dengan perlakuan perbaikan berupa stabilisasi semen. Ketebalan lapis stabilisasi semen yang diperlukan adalah sebesar 150 mm atau 15 cm.

Pemilihan desain struktur perkerasan kaku dilakukan berdasarkan nilai kumulatif kelompok sumbu kendaraan niaga yang tergolong rendah. Dengan nilai HVAG sebesar 142.747,12, maka ruas Jalan Kampus Universitas Pattimura Ambon termasuk dalam kategori jalan dengan volume lalu lintas kendaraan niaga rendah. Oleh karena itu, desain perkerasan kaku mengacu pada Bagan Desain–4A Manual Desain Perkerasan Jalan 2017. Berdasarkan bagan desain tersebut, struktur perkerasan yang digunakan adalah perkerasan beton semen dengan sambungan tanpa tulangan distribusi retak.

Hasil perencanaan menunjukkan bahwa tebal pelat beton yang digunakan adalah sebesar 160 mm dengan umur rencana 40 tahun. Struktur lapisan perkerasan terdiri atas lapis fondasi berupa stabilisasi semen setebal 15 cm, lapis drainase agregat kelas A setebal 12,5 cm, serta timbunan pilihan setebal 15 cm di atas tanah dasar dengan nilai CBR desain 2,15%. Susunan struktur perkerasan tersebut ditampilkan pada Gambar 4.2 sebagai hasil akhir perencanaan tebal perkerasan kaku menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017.

KESIMPULAN

Hasil perhitungan menggunakan metode desain perkerasan jalan 2017, untuk ruas jalan depan pertigaan pujasera sampai ke Fakultas Teknik Geologi dengan panjang 408 meter, dari STA 00+000 – 00+408 didapatkan tebal perkerasan kaku dengan perincian sebagai berikut:

Tebal pelat beton : 16 cm
Lapis drainase : 12,5 cm
Lapis pondasi : 15 cm = 15 cm stabilisasi semen
Timbunan Pilihan : 15 cm

REFERENSI

Departemen Pemukiman Dan Prasarana Wilayah 2003. Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pedoman Konstruksi Bangunan, Pd. T-14-2003. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah : Jakarta

Kefin Dorris Hutama Putra. 2020. Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Pada Ruas Jalan Jatirejo-Mojokerto (Sta 0+100 - 10+100). Universitas Islam Malang.

Kementrian Pekerjaan Umum 2005. Panduan Penetapan CBR Lapangan Melalui Pengujian Dengan Alat DCP (Dynamic Cone Penetrometer). Integrated Road Management System (IIRMS)

Kementrian Pekerjaan Umum.2017. Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2017. Departemen Pekerjaan Umum.

Marhamah Nur Azizah Tubaka. 2021. Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Pada Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Rantau Prapat – Kisaran Menggunakan MetodeManual Desain Perkerasan Jalan 2017. Universitas Pattimura Ambon

Nikmah Ainun.2013. Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Jalan Purwodadi – Kudus Ruas 198. Universitas Negeri Semarang.

Prasetyo, D. 2020. Perencanaan Struktur Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Ruas Jalan Seputih Banyak – Rumbia Kabupaten Lampung Tengah Provinsi Lampung. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Metro.

Sulistyo & Kusumaningrum. 2013. Analisis Perbandingan Perencanaan Perkerasan Kaku Dengan Menggunakan Metode Bina Marga dan Metode AASHTO Serta Merencanakan Saluran Permukaan Pada Ruas Jalan Abdul Wahab, Sawangan. Proceeding Pesat (psikologi, ekonomi, sastra, arsitektur & Teknik sipil). Bandung.

Suganda, Saputra, Zulkarnain. 2018. Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode Manual Desain Perkerasan 2017 (Studi Kasus : Wonosari Barat Kecamatan Bengalis). Seminar Nasional dan Teknologi (SNIT), Politeknik Negeri Bengkalis

Suryawan, A. 2005. Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavemet). Beta offset.Yogyakarta

Sulistyo, Kusumaningrum. 2013. Analisis Perbandingan Perencanaan Perkerasan Dengan Metode Bina Marga dan Metode AASHTO Serta Merencanakan Saluran Permukaan Pada Ruas Jalan Abdul Wahab, Sawengan. Proceeding Pesat (Psikologi, ekonomi, sastra, arsitektur, & Teknik Sipil) Bandung.

Titi Karmila Tuasa, 2022, Analisis Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 Ruas Jalan Lohia Sapalewa Kecamatan Taniwel Kabupaten Seram Bagian Barat, Universitas Pattimura : Ambon.

Tubaka, Marhana Nur Azizah Tubaka. 2021. "Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Pada Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Rantau Prapat – Kisaran Menggunakan Merode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017". Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Ambon.

Waruwu, A., Zega, O., Rano, D., Panjaitan, B.M.T., & Harefa, S. 2021. Kajian nilai california bearing ratio (CBR) pada tanah lempung lunak dengan variasi tebal stabilisasi menggunakan abu vulkanik. Jurnal Rekayasa Sipil, 17 (12), hal 116-130