

PERKERASAN JALAN MENUJU *ECO CAMP* MANGUNKARSA PANTAI GRIGAK KELURAHAN GIRIKERTO, KAPANEWON PANGGANG, KABUPATEN GUNUNGKIDUL

John Tri Hatmoko^{1*}
Dinar Gumilang Jati²

Universitas Atma Jaya Yogyakarta
john.trihatmoko@uajy.ac.id
Corresponding author : John Tri Hatmoko*

ARTICLE INFO

Article history:

Received : 10 Juni 2022

Revised : 19 Juni 2022

Accepted : 20 Juni 2022



Key words:

Ecocamp, Karang Village, Roadway Connection

DOI:

<https://doi.org/10.33508/peka.v5i1.3932>

ABSTRACT

Mangunkarsa Ecocamp is located on Grigak Beach, the village of Karang, Gunungkidul agency. It was built as the conservation area. However, there is almost no connection between Ecocamp and Karang village ; then it is required to build the roadway connecting those two locations. To meet the requirement, this public service programs attempted to provide the connecting roadway of those two locations. The roadway was designed with the length of 2,00 km and 3,00 meters width, and the surface course was designed as sand sheet pavement. The budget for material was supported by the government, and it was also provided by the local society for project execution . There were three steps to complete the program. The first step was location field-survey to make sure the site conditions, followed by soil sampling for subgrade design. The second was to perform laboratory experiment to verify physical and mechanical properties of soil, and it was followed with design the pavement , and the last was to execute the project. The laboratory experiment was done according to the standard, the pavement design was done according to the guidance issued by the Ministry of PUPR, and the project execution was done according to the basic standard. The results showed that the soil was met the requirement as subgrade, the thickness of the pavement was obtained 6 cm thick. The project execution was finished within 10 days

ABSTRAK

Ecocamp Mangunkarsa yang terletak di pantai Grigak, dukuh Karang, Kelurahan Girikarto, Kabupaten Gunungkidul adalah kawasan konservasi yang meliputi konservasi biodiversitas, konservasi air, konservasi lahan kering, pemanfaatan energi terbarukan, dan pembelajaran generasi muda terkait isu lingkungan. Namun demikian, akses pengunjung dari dukuh Karang ke lokasi Ecocamp menjumpai kendala karena harus melalui jalan setapak yang tidak dapat dilewati kendaraan roda dua maupun roda empat. Oleh sebab itu, pembangunan jalan penghubung dari dukuh Karang ke lokasi Ecocamp perlu diupayakan. Program pengabdian ini bertujuan untuk merencanakan dan melaksanakan program perkerasan jalan penghubung dengan lebar 3,00 meter panjang 2 km, dengan perkerasan pasir dan aspal. Pengadaan bahan perkerasan memperoleh bantuan dari pemerintah, sedangkan biaya pembangunan adalah swadaya masyarakat setempat. Tahapan penyelesaiannya adalah survey lapangan dan pengambilan sampel tanah, pengujian tanah di laboratorium, perencanaan perkerasan jalan dan pelaksanaan pekerjaan jalan. Pengujian di laboratorium mengikuti standard yang

belaku, sedangkan perencanaan perkerasan mengikuti pedoman perencanaan dari kementerian PUPR. Hasil yang diperoleh : tanah di lokasi adalah tanah yang cukup baik sebagai tanah dasar jalan. Tebal aspal pasir diperoleh setebal 6 cm padat. Lapis pondasi jalan berupa hamparan pasir yang langsung dihampar diatas tanah dasar. Pelaksanaan pengerjaan jalan diselesaikan dalam waktu 10 hari dengan menyewa alat pemadat dengan biaya swadaya masyarakat.

PENDAHULUAN

Proyek Eco-Camp Mangunkarso memanfaatkan modal sosial yang telah dibangun oleh para tokoh padukuhan Karang untuk kepentingan-kepentingan yang lebih luas berjangka panjang yaitu pembelajaran masyarakat padukuhan terkait dengan isu lingkungan yang berfokus pada masalah konservasi yaitu : konservasi biodiversitas ekosistem Kars tepi pantai, konservasi air, konservasi budidaya lahan kering, konservasi dan pemanfaatan sumber-sumber energi terbarukan, dan pembelajaran generasi muda terkait isu lingkungan bersama masyarakat. Disamping itu, di dukuh Karang berpotensi dikembangkannya stasiun meteorologi untuk kepentingan observasi perubahan iklim yang dapat dikelola oleh perguruan tinggi. Lokasi pengembangan Eco-Camp terletak di wilayah pantai Grigak pedukuhan Karang seluas 4 (empat) hektar. Lahan tersebut adalah milik Keuskupan Agung Semarang. Untuk merealisasikan program konservasi tersebut, dilakukan tahapan-tahapan pelaksanaan yang diprogramkan selama lima tahun.

Tahun pertama adalah penyiapan lokasi yang berupa penyiapan lokasi : perbaikan jalan utama, dan pembuatan jalan-jalan setapak ke seluruh area konservasi; pengangkatan air bawah tanah dengan sumur bor dan pembangunan kembali instalasi penyediaan air bersih & penampungannya; perintisan pembentukan organisasi PDAM Dukuh Karang dan perjanjian kerjasama antara Yayasan DED dan masyarakat setempat menyangkut pengelolaan instalasi penyediaan air dan pemanfaatannya dan pengembangan bersama program-program konservasi. Tahun kedua adalah : penyediaan sarana

dan prasarana kegiatan pembelajaran; pengembangan sumber energi terbarukan berupa Pembangkit Listrik Hibrid dengan mengandalkan angin dan sinar matahari utk mendukung fasilitas-fasilitas yg dibangun. Tahun ketiga: pengembangan model-model pembelajaran terkait isu lingkungan; pengembangan sarana-model kegiatan pembelajaran; pengembangan kegiatan-kegiatan promosi; dan pengembangan unit-unit kewirausahaan masyarakat yang bisa menambah penghasilan. Tahun keempat adalah : pengembangan jaringan kerjasama dan kemitraan; pengembangan model-model pembelajaran; penyiapan fasilitas dan peralatan observasi perubahan iklim; pengembangan penelitian-penelitian observasi untuk mendeteksi perubahan iklim; dan pengembangan unit-unit kewirausahaan masyarakat yang bisa menambah penghasilan. Program tahun kelima adalah : pengembangan jaringan kerjasama dan kemitraan; pengembangan model-model pembelajaran terkait isu lingkungan; pengembangan penelitian-penelitian observasi untuk mendeteksi perubahan iklim; pengembangan penelitian-penelitian eksperimental; dan pengembangan unit-unit kewirausahaan masyarakat yang bisa menambah penghasilan.

Seperti halnya program-program perencanaan lain, lima tahun tahapan program untuk mencapai misi Eco-Camp tersebut masih memiliki kendala yang berarti bahwa apa yang sudah dilaksanakan masih tidak sesuai dengan yang direncanakan. Salah satu permasalahan yang timbul adalah jalan yang menghubungkan pedukuhan Karang ke Ecocamp Mangun Karsa dan ke seluruh area konservasi masih

merupakan jalan setapak yang tidak dapat dilalui oleh kendaraan roda 2 maupun roda 4, sehingga akses warga setempat dan pengunjung umum ke tempat-tempat tersebut menjadi terkendala. Oleh sebab itu pembangunan jalan sangat diperlukan, mengingat prasarana jalan merupakan infrastruktur yang harus ada di semua aspek kehidupan [Jacky 2014, Cahyono 2011]. Tujuan dari program pengabdian ini adalah : merencanakan perkerasan jalan penghubung antara dukuh Karang ke area-area konservasi, yang meliputi perencanaan tanah dasar sampai ke perkerasan jalan. Kedua, pengadaan/pelaksanaan jalan tersebut dengan Panjang jalan 2 km lebar 3 meter

METODE PENELITIAN

Metode penyelesaian program pengabdian masyarakat ini meliputi :



Gambar 1 : Survey Lapangan

Pengambilan sampel tanah dan pengujian CBR lapangan dilakukan di 3(tiga) titik, yaitu di titik awal, titik tengah dan titik akhir jalan. Pengambilan sampel tanah dilakukan secara manual (Gambar 2). Sampel tanah tersebut kemudian diuji di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Pengambilan sampel tanah dilakukan dalam keadaan terganggu (disturb) dengan alat pengambilan sampel sederhana seperti sekop ataupun cangkul. Pengambilan tanah

survey awal ke lokasi diikuti dengan pengambilan sampel tanah , pengujian laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Atma Jaya Yogyakarta, proses perencanaan tebal perkerasan, dan yang terakhir adalah proses pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan.

Survey Lapangan

Survey lapangan dilakukan pada hari Sabtu, tanggal 6-Juni 2021. Survey meliputi survey topografi tanah, rencana alinemen jalan dan pengambilan sampel tanah. Survey ini dilakukan oleh tim Pengabdian pada Masyarakat Universitas Atma Jaya Yogyakarta (Gambar 1). Survey topografi dilakukan dengan instrument Waterpass terutama untuk menentukan elevasi permukaan tanah.

sampel pada kedalaman antara 0,50 sampai dengan 1,00 meter dibawah permukaan tanah, karena pekerjaan tanah dasar jalan adalah menyangkut pekerjaan dangkal. Tujuan pengambilan sampel tanah tersebut untuk mengetahui parameter fisik seperti berat volume (γ), dan berat jenis (G) maupun parameter mekanika tanah seperti kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ) tanah di lokasi proyek jalan penghubung antara dukuh Karang ke Ecocamp Mangunkarsa.



Gambar 2 : Pengambilan Sampel

Uji Laboratorium

Pengujian tanah untuk perencanaan jalan hubung antara dukuh Karang dengan Ecocamp Mangunkarsa sesuai dengan standard yang berlaku. Pengujian sifat-sifat indek tanah sesuai dengan standar pengujian kadar air mengikuti standard : ASTM D2216-98 : Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass [ASTM D2216-98 2015], dan Bowles, Engineering Properties of Soils and Their Measurement [Bowles, 1990]. Pengujian berat jenis menurut ASTM D854-02 : Standard Test Method for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer [ASTM D854-02, 2013], dan Douglas et al. Soil classification using electric cone penetrometer [Douglas, and Olsen 1991]. Pengujian analisa saringan dan hydrometer mengikuti standard : ASTM D422 Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils [ASTM D422-63, 2013;

Budhu, 2000]. Pengujian batas-batas Atterberg (batas cair, batas plastis dan index plastisitas) mengikuti standard : ASTM D4318-00: Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. [6]. Pengujian pepadatan standard Proctor mengikuti standard : ASTM D698-07: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort. (ASTM D 698). Pengujian ini untuk mencari kadar air optimum/optimum moisture content (OMC) dan kepadatan kering maksimum/maximum dry density (MDD). Setelah itu, untuk menentukan parameter kuat geser tanah (kohesi dan sudut gesek dalam tanah), dilakukan pengujian geser langsung yang mengikuti standard : tanah asli diuji geser langsung sesuai ASTM D2166 : Standard Test Methods for Laboratory Determination of Shear Strength of Soil and Rock Mass. [ASTM D2166, 2013].



Gambar 3 : Pengujian Berat Jenis

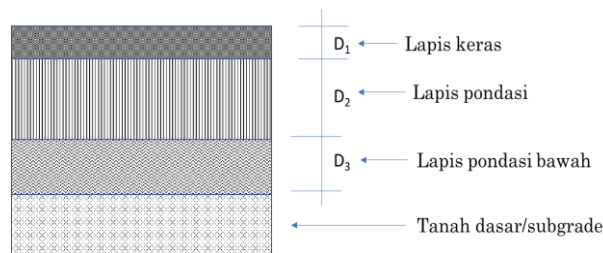


Gambar 4 : Persiapan Sampel Uji Geser Langsung

Perencanaan Perkerasan Jalan

Lapis perkerasan jalan pada umumnya terdiri atas : lapisan tanah dasa(subgrade), lapis pondasi bawah (sub-base course), lapis pondasi (base course) dan lapis permukaan/lapis aus(wearing course) yang dapat dilihat pada Gambar 5. Lapis permukaan atau sering disebut dengan lapis aus adalah bagian perkerasan yang terletak paling atas yang kontak langsung dengan roda kendaraan. Lapis

permukaan ini terdiri atas campuran mineral-mineral aggregate dan bahan pengikat yang ditempatkan sebagai lapisan paling atas dan yang pada umumnya terletak diatas lapis pondasi jalan. Fungsi dari lapis permukaan adalah untuk menahan beban roda, sebagai lapisan kedap air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan badan jalan akibat perubahan cuaca dan sebagai lapis aus yang menjaga keausan dari beban lalu lintas.



Gambar 5. Lapis Permukaan

Lapis pondasi adalah bagian struktur perkerasan lentur yang terletak langsung dibawah lapis permukaan, dan diatas lapis pondasi bawah. Namun jika struktur tidak menggunakan lapis pondasi bawah, lapis pondasi langsung dibangun diatas tanah dasar [Budhu, 2000]. Fungsi dari lapis pondasi adalah : sebagai bahan konstruksi perkerasan yang ikut menahan beban roda, dan sebagai perletakan lapis permukaan. Tanah dasar (*subgrade*) adalah tanah yang

ada di badan jalan tersebut yang diperbaiki sehingga daya dukung tanah cukup sebagai pendukung lapisan diatasnya. Keawetan dan kekuatan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung pada sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar.

Perencanaan lapis perkerasan jalan mengikuti pedoman perencanaan lapis perkerasan yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Binamarga PUPR. Pedoman tersebut adalah *Pedoman*

Perencanaan Tebal Lapis Lapis Perkerasan Lentur dengan metode Lendutan. Pd.T-05-2015-B. [Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum dan PR 2015]. Disamping itu juga mengacu pada *Thickness Design-Asphalt Mixture in Repeated Flexure*

[Monismih and Epps 2007]. Perhitungan perencanaan tebal perkerasan didasarkan pada kekuatan relative masing-masing komponen lapis perkerasan yang disajikan dalam persamaan berikut:

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3.....(1)$$

Dimana:
 a_1, a_2, a_3 : koefisien kekuatan relative bahan perkerasan
 D_1, D_2, D_3 : Tebal masing-masing komponen perkerasan (cm)

ITP : Indeks Tebal Perkerasan
 Jika kualitas drainase dipertimbangkan, maka persamaan (1) dimodifikasi sebagai berikut:

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 m_2 + a_3D_3 m_3.....(2)$$

Dimana :
 m_1 dan m_2 : koefisien drainase.
 Koefisien kekuatan relative a_1, a_2, a_3 dapat ditentukan dengan nomogram [Monismih and Epps 2007, The Asphalt Institute 2011].

penghubung ini meliputi pekerjaan tanah dasar/subgrade, pekerjaan pondasi jalan dan pekerjaan perkerasan jalan. Pekerjaan tanah dasar yang meliputi pembersihan lokasi, perataan tanah dasar dan pemadatan tanah dasar supaya untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar tersebut (Gambar 6).

Metode Pelaksanaan Pengerasan Jalan

Pelaksanaan pekerjaan pengerasan jalan dilakukan selama 10(sepuluh) hari, mulai tanggal 7 Juni sampai dengan 16 Juni 2021. Pekerjaan pengerasan jalan

Pekerjaan ini melibatkan penduduk setempat secara gotong royong dan pemadatan tanah dilakukan secara manual dengan menggunakan tamper ringan.



Gambar 6 : Pengerjaan Tanah Dasar

Kedua adalah pengerjaan pngaspalan/pegerasan jalan. Bahan lapis keras adalah campuran antara aspal dengan pasir yang sering disebut dengan *sand sheet*. Lapisan aspal pasir tersebut dihamparkan dan dipadatkan dengan alat pematat

mekanik. Alat pematat menggunakan *Smooth Wheel Roller* yang disewa oleh LPPM-UAJY. Pengadaan bahan perkerasan dibantu oleh pemerintah daerah Kab. Gunung Kidul. Pekerjaan pengerasan jalan ini meliputi pekerjaan pemanasan dan

pencampuran bahan pasir + aspal (Gambar 7), dan pengerjaan penghamparan dan pemadatan lapis keras (Gambar 8). Tebal

perkerasan jadi setelah dipadatkan adalah setebal 7 cm.



Gambar 7 : Pemanasan Bahan Lapis Keras



Gambar 8 : Penghamparan dan Pemadatan

HASIL DAN PEMBAHASAN
Pengujian Tanah di Laboratorium

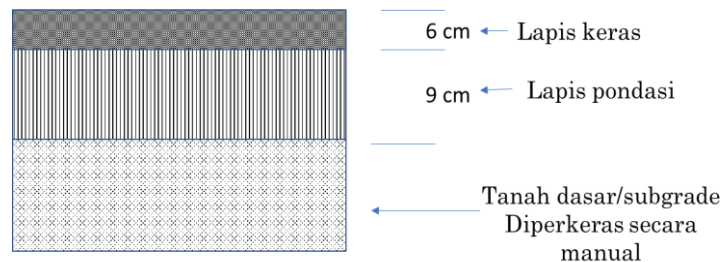
Pengujian yang sudah dilakukan pada sampel tanah, seperti yang sudah dijelaskan pada bab metode pengabdian adalah : pengujian kadar air, berat volume,

berat jenis, analisis saringan, batas-batas konsistensi, CBR dan geser langsung. Pengujian dilakukan pada 3(tiga) buah sampel dengan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Hasil Pengujian Laboratorium

| Sampel | 1 | 2 | 3 | Rerata |
|--|------|------|------|--------|
| Berat Vol, γ (kN/m ³) | 17,1 | 16,2 | 18,0 | 17,10 |
| Berat Jenis, G | 2,62 | 2,71 | 2,65 | 2,66 |
| Kadar air, w(%) | 23 | 24 | 21 | 22,67 |
| Indeks Plasti., IP(%) | 12 | 14 | 10 | 13 |
| Lolos#200 (%) | 45 | 36 | 51 | 44 |
| Kohesi, c (kPa) | 33 | 32 | 31 | 32 |
| Sudut Gesek, ϕ (^o) | 19 | 22 | 19 | 20 |
| CBR (%) | 13 | 17 | 15 | 15 |

Tanah memiliki berat volume dan berat jenis tinggi. Berat volume, γ (17,1 kN/m³) dan berat jenis, $G = 2,66$ adalah tanah dengan kategori keras dan padat [The Asphalt Institute 2011]. Hal tersebut didukung oleh CBR = 15% yang dikategorikan sebagai tanah dengan daya dukung tinggi sebagai tanah dasar suatu jalan, sehingga memenuhi syarat sebagai tanah dasar jalan raya. Namun demikian, tanah sampel bersifat getas yang ditunjukkan oleh nilai indeks plastisitas, $IP = 13\%$ (kurang dari 20%). Pengujian geser langsung menghasilkan kohesi, $c = 32$ kPa dengan sudut gesek dalam, $\phi = 20^\circ$. Tanah memiliki kohesi yang relative rendah, namun ,memilki sudut gesk dalam cukup tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tanah memiliki kuat geser sedang sampai tinggi. Secara visual, tanah di lokasi proyek merupakan tanah kapur padat yang cukup keras namun demikian, tanah tersebut cukup getas.



Gambar 9 : Struktur Lapis Perkerasan

Pelaksanaan Pekerjaan Jalan

Pelaksanaan pekerjaan proyek jalan ke Ecocamp Mangunkarsa pantai Grigak ini di danai oleh swadaya masyarakat dengan tenaga juga dari masyarakat setempat. Walaupun nilai CBR sudah memenuhi syarat sebagai tanah dasar, namun demikian tanah dasar masih perlu pemadatan. Proses pemadatan tanah dasar dengan menggunakan tamper ringan. Lapis pondasi berupa kerikil yang langsung

Perencanaan Lapis Keras

Perencanaan tebal perkerasan menggunakan persamaan (1) dan (2) pada bab metodologi. Jalan lokal ke pantai Grigak ini tidak ada data lalu lintas yang dipakai sebagai dasar perencanaan, sehingga pada perencanaan ini menggunakan data minimal. Kedua, system drainase tidak sempurna sehingga menggunakan factor drainase =1. Koefisien kekuatan relative lapis permukaan diambil harga maksimum $a_1=0,47$. Dengan menggunakan tabel dan grafik perencanaan yang termuat pada [Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum dan PR 2015, Monismih and Epps, 2007, The Asphalt Institute, 2011] diperoleh tebal perkerasan $D_1 = 6$ cm, tebal pondasi $D_2 = 9$ cm (Gambar 9). Struktur jalan ini tidak menggunakan lapis pondasi bawah, sehingga lapis pondasi langsung diletakkan diatas tanah

dihamparkan di atas lapisan tanah dasar yang diikuti dengan proses pemadatan. Lapis perkerasan jalan menggunakan campuran pasir dengan aspal (*sand-sheet*) yang dihampar diatas lapis pondasi yang kemudian dipadatkan. Pemadatan lapis perkerasan menggunakan alat pemadat roda baja (*smooth wheel roller*). Hasil pekerjaan jalan dapat dilihat pada Gambar 10. Pemadatan dilakukan dalam 1 lapis dengan 3(tiga) lintasan.



Gambar 10. Jalan Penghubung

Kendala yang dijumpai pada pelaksanaan proyek ini terutama sulitnya medan naik-turun sehingga menyebabkan produktifitas alat pemadat tidak optimal. Kedua, suhu udara yang cukup tinggi menyebabkan aspal menjadi sangat cair yang berakibat pada sulitnya proses pemadatan.

SIMPULAN

Dari hasil kerja pengabdian pada masyarakat ini dapat disimpulkan bahwa: jalan penghubung dari dukuh Karang ke *Ecocamp* Mangunkarsa di pantai Grigak sudah terlaksana dengan baik yang memenuhi syarat-syarat teknis baik dari sisi perencanaan maupun pelaksanaannya. Tanah dasar memenuhi syarat sebagai tanah dasar suatu jalan lokal yang ditunjukkan oleh sifat-sifat fisika dan mekanika tanah dasar tersebut yang cukup baik, yaitu : parameter kuat geser dan CBR yang relatif tinggi. Perencanaan memenuhi standard dan pedoman perencanaan yang standard dan baku baik dari PUPUR maupun dari referensi lainnya. Pelaksanaan pekerjaan jalan terutama proses pemadatan mengikuti standard pemadatan yang baku.

Acknowledgement

Pada kesempatan ini. Tim pengabdian pada Masyarakat Jalan Grigak mengucapkan banyak terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat Universitas Atma Jaya Yogyakarta (LPPM-UAJY) yang sudah memberikan dana untuk pengabdian ini. Disamping itu, ucapan terimakasih juga disampaikan kepada masyarakat dukuh Karang yang telah membantu pelaksanaan pekerjaan Pengabdian pada Masyarakat ini sampai selesai.

REFERENCES

- ASTM D2216-9 (2015). Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass. *ASTM International*, West Conshohocken, Pennsylvania.
- ASTM D422-63.(2013) .Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. *ASTM International*, West Conshohocken, Pennsylvania. 2013
- ASTM D854-02.(2013) .Standard Test Method for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer. *ASTM International*, West Conshohocken, Pennsylvania
- ASTM D4318-00 .(2012). Standard Test

- Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. *ASTM International*, West Conshohocken, Pennsylvania
- ASTM D698-07.(2013). Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort. *ASTM International*, West Conshohocken, Pennsylvania.
- ASTM D2216-98. (2013). Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass. *ASTM International*, West Conshohocken, Pennsylvania.
- ASTM D2166 .(2013). Standard Test Methods for Laboratory Determination of Shear Strength of Soil and Rock Mass. *ASTM International*, West Conshohocken, Pennsylvania.
- Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum dan PR.(2015). *Pedoman Perencanaan Tebal Lapis Lapis Perkerasan Lentur dengan metode Lendutan. Pd.T-05-2015-B*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta .
- Bowles, J.E. (1990). *Engineering Properties of Soils and Their Measurement*, Mc. Graw Hill Book Company, New York
- Bowles, J.E. (1997). *Foundation Analysis and Design*. Second Edition, Mc. Graw Hill Book Company, New York
- Budhu, M. (2000). *Soil Mechanics and Foundations*. John Wiley & Sons Inc. New York
- Cahyono, S.D (2011). Analisis Kerusakan dan desain permukaan jalan raya dengan metode template matching. Penerbit Universitas Merdeka Madiun.
- Douglas, B.J., and Olsen, R.S. (1991). Soil classification using electric cone penetrometer. *American Society of Civil Engineers, ASCE, Proceeding of Conference on Cone Penetration Testing and Experience*
- Jacky, SS (2014). Truck, Container, Spesifikasi, Kubikisasi dan Tonasenya. <https://persaudaraan sejati.blogspot.go.id/2014/truk-container-kubikisasi-spesifikasi>.
- Monismih, C.L, and Epps, J.A. *Thickness Design- Asphalt Mixture in Repeated Flexure*. Institute of Transportation and Traffic Engineering, Univ. of California Berkeley. USA. 2007
- The Asphalt Institute. (2011). *Thickness Design-Asphalt Pavement for Highway and Streets, Manual Series No.1 (MS-1), 9th Edition*. College Park Maryland 20740