

2021

JURNAL

RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL

Penggunaan Pasir Pantai Ngur Bloat Maluku Tenggara Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Panas AC-WC Menurut Karakteristik Marshall
(Suherminanta, Egenius Robert Ikanubun, Risdiyanto, Nindyo Cahyo Kresnanto)

Pengaruh Gradasi Agregat Kasar Terhadap Workability dan Kuat Tekan Beton
(Arusmalem Ginting, Eko Budi Utomo)

Evaluasi Keamanan Jembatan Terhadap Debit Banjir Di Sungai Sei Pare-Pare
(Andhani Chyntia Paramudinta, Nizar Achmad, Tania Edna Bhakty)

Pengaruh Penambahan Zeolit Dan Sikament-LN Terhadap Kuat Tekan Beton
(Bing Santosa, Dwi Suryani)

Studi Tebal Lapis Pondasi Semen Komposit Tanah Menggunakan Plaxis V.8.2
(Teguh Widodo, Risdiyanto, Jhonson)

Kajian Pengolahan Limbah Cair Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Pada parameter TDS, pH, Colitinja, Minyak dan Lemak (Studi Kasus IPLT Balai Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum Perkotaan Di Cepit, Pendowoharjo, Sewon, Bantul Yogyakarta)
(Sardi, Hadi Yuwono)

Redesign Saluran Drainase Jalan Kaliurang Km 6,5 – 7
(Titiek Widayarsi, Nizar Achmad, Dimas Addien Pradipta)

DEWAN EDITORIAL

- Penerbit : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra
- Ketua Penyunting
(Editor in Chief) : Dr. Tania Edna Bhakty, ST., MT.
- Penyunting (Editor) : 1. Dr. Endro Prasetyo W, S.T., M.Sc., Universitas Lampung
2. Dr. Ir. Edy Sriyono, M.T., Universitas Janabadra
3. Dr. Nindyo Cahyo K, S.T., M.T., Universitas Janabadra
4. Sarju, ST., M.T., Universitas Janabadra
- Alamat Redaksi : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55-57, Yogyakarta 55231
Telp./Fax: (0274) 543676
Email: tania@janabadra.ac.id
Website: <http://e-journal.janabadra.ac.id/>
- Frekuensi Terbit : 2 kali setahun

JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL adalah media publikasi jurusan Teknik Sipil Universitas Janabadra, Yogyakarta yang diterbitkan secara berkala pada bulan April dan Oktober. Jurnal ini mempublikasikan hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Naskah yang masuk akan dievaluasi oleh Penyunting Ahli. Redaksi berhak melakukan perubahan pada tulisan yang layak muat demi konsistensi gaya, namun tanpa mengubah maksud isinya.

DAFTAR ISI

1. Penggunaan Pasir Pantai Ngur Bloat Maluku Tenggara Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Panas AC-WC Menurut Karakteristik Marshall (Suherminanta, Egenius Robert Ikanubun, Risdiyanto, Nindyo Cahyo Kresnanto)	1 - 13
2. Pengaruh Gradasi Agregat Kasar Terhadap Workability dan Kuat Tekan Beton (Arusmalem Ginting, Eko Budi Utomo)	14 - 20
3. Evaluasi Keamanan Jembatan Terhadap Debit Banjir Di Sungai Sei Pare-Pare (Andhani Chyntia Paramudinta, Nizar Achmad, Tania Edna Bhakty)	21 - 27
4. Pengaruh Penambahan Zeolit Dan Sikament-LN Terhadap Kuat Tekan Beton (Bing Santosa, Dwi Suryani)	28 - 33
5. Studi Tebal Lapis Pondasi Semen Komposit Tanah Menggunakan Plaxis V.8.2 (Teguh Widodo, Risdiyanto, Jhonson)	34 – 37
6. Kajian Pengolahan Limbah Cair Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Pada parameter TDS, pH, Colitinja, Minyak dan Lemak (Studi Kasus IPLT Balai Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum Perkotaan Di Cepit, Pendowoharjo, Sewon, Bantul Yogyakarta) (Sardi, Hadi Yuwono)	38 – 45
7. Redesign Saluran Drainase Jalan Kaliurang Km 6,5 – 7 (Titiek Widiasari, Nizar Achmad, Dimas Addien Pradipta)	46 - 51

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah Tuhan Yang Maha Esa atas terbitnya **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** Volume 8, Nomor 1, Edisi Oktober 2021. Jurnal ini menampilkan tujuh artikel di bidang Teknik Sipil.

Penerbitan **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** ini adalah bertujuan untuk menjadi salah satu wadah berbagi hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Harapan kami semoga naskah yang tersajidapat menambah pengetahuan dan wawasan di bidangnya masing-masing.

Redaksi

Studi Tebal Lapis Pondasi Semen Komposit Tanah Menggunakan Plaxis V.8.2

Teguh Widodo¹⁾, Risdiyanto²⁾, Jhonson³⁾

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, Yogyakarta

Email: teguh_widodo@janabadra.ac.id

² Program Studi Teknik Sipil, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, Yogyakarta

Email: risdiyanto@janabadra.ac.id

³Laboratorium Mekanika Tanah, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, Yogyakarta

Email: jhonson143162@student.janabadra.ac.id

Abstract

The development of technology for application, the discovery of additives to maximize the soil-cement reaction and the publishing of the Interim Special Specification for Section S.Kh. 2.5.4. regarding soil composite cement base layer (SCCBL) which encourages the widespread use of soil-cement material as a pavement base material in Indonesia. On the other hand, the Road Pavement Design Manual 2017 has not determined the design of soil-cement material as a material for pavement base layer and the calculation of the SCCBL thickness must be carried out using a mechanistic analytical method through a trial and error process to obtain an economical thickness. The simplification of the mechanistic analytical method in the form of graphs to determine the thickness supporting the traffic as a function of the bearing capacity of the subgrade and the strength of the soil-cement is very useful for the design process.

This study analyzes the strain behavior of soil-cement by simulating the thickness, strength of soil-cement and the bearing capacity of the subgrade using Plaxis V.8 which is based on the finite element method. The mechanistic analytical method using Plaxis V.8.2 validation was carried out using the Nottingham method. The SCCBL thickness variation is 15 cm to 40 cm with an interval of 2.5 cm, the CBR value of LPSKT is 80; 90%; 100%; 110%; 120%, and the CBR value of the subgrade 1%; 2%; 3%; 4%; 5%; 6%, was used in this study. The traffic in the form of repetitions of the standard axle load that can be supported is calculated based the SCCBL strain using the Asphalt Institute equation (1982).

The study indicate that analysis results of the SCCBL thickness based on the mechanistic analysis method using Plaxis v.8.2 program is quite close to the Nottingham method. The correlation between the number of the standard axle load repetitions and the SCCBL thickness is an exponential function. The analysis results of the SCCBL thickness based on the mechanistic analysis method using Plaxis v.8.2 is thinner compared to the thickness of the CTB pavement as suggested in the 2017 Bina Marga method.

Keywords: SCCBL, thickness, CBR, strain, number of repetitions

1. Pendahuluan

Di Indonesia terdapat dua jenis lapis perkerasan jalan yang sering digunakan yaitu lapis perkerasan lentur dan lapis perkerasan kaku. Lapis perkerasan lentur terdiri dari tanah dasar (*subgrade*), lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas yang berupa agregat batu split serta lapis aus. Perkerasan kaku terdiri dari tanah dasar, lapis pondasi kaku berupa beton dengan atau tanpa tulangan lentur dan lapis aus. Lapis pondasi semen komposit tanah (LPSKT) atau lapis pondasi tanah-semen (*soil cement*) bisa digunakan sebagai alternatif lapis pondasi perkerasan jika dijumpai masalah ketersediaan agregat batu split atau harga LPSKT lebih murah [1,2]. Tanah-semen adalah campuran tanah, semen dan air yang dipadatkan sehingga membentuk material baru tanah-semen dengan ikatan kuat dan impermeable [3]. Stabilisasi terjadi akibat reaksi pertukaran ion [4], proses hidrasi dan reaksi pozzolanik [5], mengakibatkan partikel tanah dan semen saling terikat dan mengelompok membentuk partikel tanah-semen yang lebih besar [6, 7].

Penerapan stabilisasi tanah-semen sebagai LPSKT telah diaplikasikan di Indonesia sejak tahun 1981 dengan tingkat keberhasilan beragam [8]. Perkembangan teknologi peralatan aplikasi LPSKT, penemuan bahan tambah (*additive*) untuk

memaksimalkan reaksi tanah-semen, kelangkaan dan harga tinggi agregat batu split di daerah Sumatra, Kalimantan, dan Papua, menginspirasi Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian PUPR mendorong penerapan LPSKT khususnya di daerah tersebut di atas dengan menerbitkan Spesifikasi Khusus Interim Seksi S.Kh. 2.5.4. tentang LPSKT yang berisi pedoman pemilihan jenis tanah, rancangan campuran laboratorium, spesifikasi alat dan kontrol aplikasi stabilisasi tanah-semen sebagai LPSKT [9]. Penerapan S.Kh. 2.5.4. pada aplikasi LPSK dengan bahan tambah di ruas Jalan Suka Bumi-Kedang Ipil, Kutai Kertanegara Kalimantan Timur menghasilkan LPSKT dengan nilai CBR rata-rata 141 % dan nilai CBR terkecil 108 % [10]. Nilai ini jauh lebih besar dari persyaratan nilai CBR lapis pondasi atas sebesar 90 %.

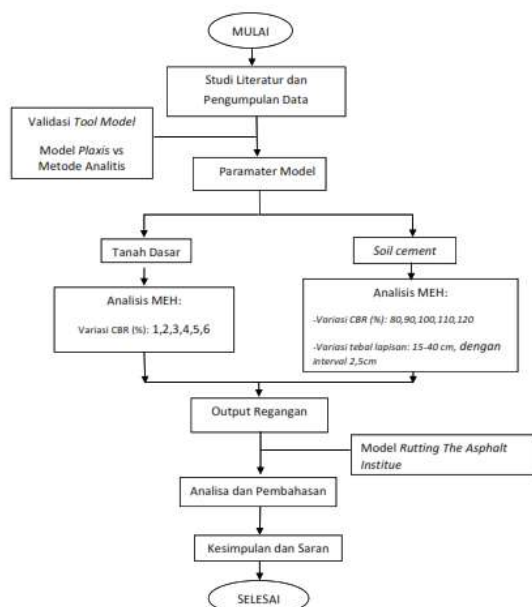
Metode empiris Bina Marga 1987 yang diperbaharui dalam Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 belum mencantumkan material tanah-semen sebagai bahan lapis pondasi perkerasan sehingga perhitungan tebal LPSKT harus dilakukan menggunakan metode analitis mekanistik. Analitis mekanistik memerlukan bantuan perangkat lunak untuk menghitung regangan horizontal dan atau regangan vertikal maksimal yang diperbolehkan terjadi pada dasar LPSKT untuk suatu beban lalu-lintas yang direncanakan sehingga diperoleh rencana

ketebalan LPSKT. Desain tebal LPSKT yang ekonomis diperoleh melalui proses *trial and error*.

Makalah ini menyajikan hasil studi tebal LPSKT metode analitis mekanistik menggunakan bantuan program *Plaxis V8.2*. dalam bentuk **grafik** untuk menentukan tebal LPSKT pendukung beban lalu-lintas rencana sebagai fungsi daya dukung tanah dasar dan kekuatan LPSKT sehingga diharapkan bermanfaat untuk menyederhanakan proses *trial and error* dalam perencanaan. Perbandingan tebal LFSKT hasil analisis menggunakan bantuan program *Plaxis V.8.2* dengan metode Nottingham dan tebal CTB yang disarankan dalam Bina Marga 2017 juga disajikan dalam studi ini.

2. Metodologi

Studi ini dimaksudkan untuk menganalisis perilaku regangan LPSKT dengan mensimulasi ketebalan, kekuatan LPSKT dan daya dukung tanah dasar menggunakan perangkat lunak *Plaxis V.8.2* yang berdasarkan metode elemen hingga. Validasi perangkat lunak *Plaxis V.8.2* dalam analisis regangan yang terjadi pada LPSKT dilakukan menggunakan metode analitis Nottingham. Variasi tebal LPSKT 15 cm sampai dengan 40 cm dengan interval 2,5 cm, nilai CBR LPSKT 80 ; 90% ; 100 % ; 110% ; 120%, dan nilai CBR tanah dasar 1% ; 2% ; 3% ; 4% ;5% ; 6%, digunakan dalam studi ini. Beban lalu-lintas berupa repetisi beban gandar standar maksimal yang mampu didukung oleh masing-masing variasi model dihitung dari regangan LPSKT menggunakan persamaan Asphalt Institute 1982 [11]. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perbandingan Hasil Hitungan Plaxis dengan Metode Nottingham

Berdasarkan analisis yang dilakukan didapatkan hasil regangan yang berbeda untuk karakteristik bahan dan tebal perkerasan yang sama. Perbedaan hasil tersebut ditunjukkan pada Tabel 1 berikut ini. Nilai regangan dengan program hitungan *Plaxis* adalah lebih kecil jika dibandingkan dengan metode Nottingham. Tetapi nilai selisih cukup kecil hanya sebesar $0,417 \times 10^{-3} \%$ pada regangan tarik dan $2,535 \times 10^{-3} \%$ pada regangan tekan. Perbedaan yang cukup kecil ini memberikan gambaran bahwa hasil analisis metode analitis mekanistik menggunakan bantuan program *plaxis v.8.2* cukup mendekati metode analitis mekanistik metode Nottingham.

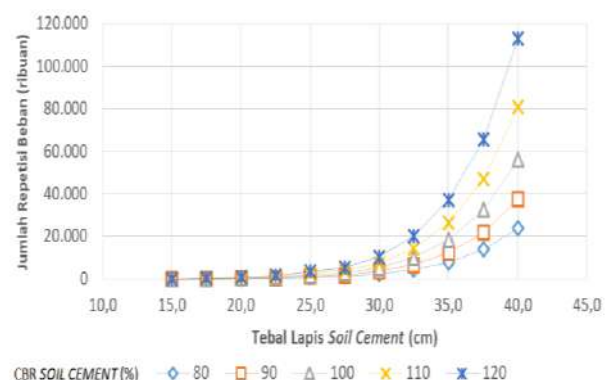
Tabel 1 Perbandingan Hasil Regangan

Regangan	Hitungan Plaxis	Metode Nottingham	Selisih (%)
Regangan tarik (ϵ_t)	$10,583 \times 10^{-3} \%$	$11 \times 10^{-3} \%$	3,9
Regangan tekan (ϵ_c)	$26,965 \times 10^{-3} \%$	$29,5 \times 10^{-3} \%$	8,59

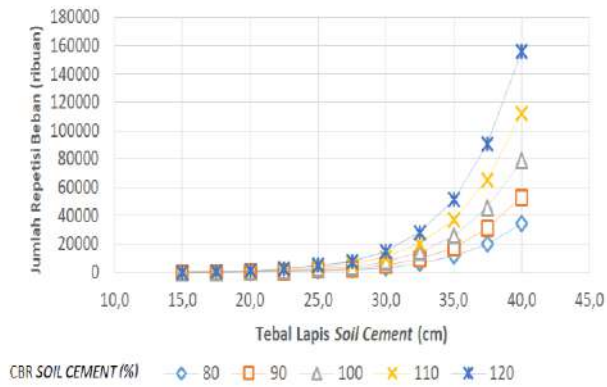
3.2 Analisa Repetisi Beban Lalu Lintas

Gambar 2 sampai dengan Gambar 7 menunjukkan grafik hubungan antara jumlah repetisi beban sebagai fungsi tebal dan nilai CBR perkerasan pada CBR tanah dasar 1 % sampai dengan 6 %. Jumlah repetisi beban diperoleh dari analisa kerusakan model rutting berdasarkan output regangan yang terjadi pada lapisan antara lapis fondasi dengan tanah dasar hasil analisa *plaxis V.8.2*.

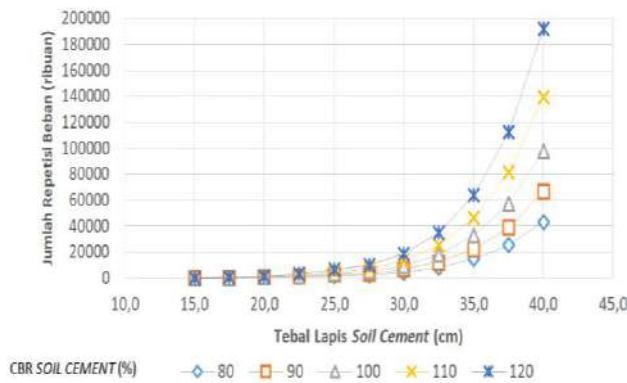
Hubungan antara jumlah repetisi beban terhadap tebal lapis perkerasan LFSKT pada berbagai nilai CBR LFSKT dan nilai CBR tanah dasar merupakan fungsi eksponensial.



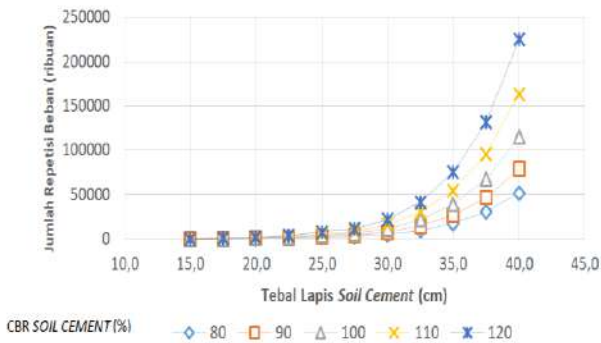
Gambar 2 Hubungan antara Nd dan Tebal Soil Cement pada CBR subgrade 1 %



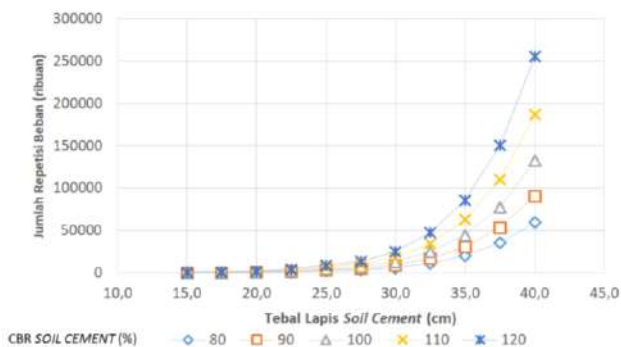
Gambar 3 Hubungan antara Nd dan Tebal Soil Cement pada CBR subgrade 2 %



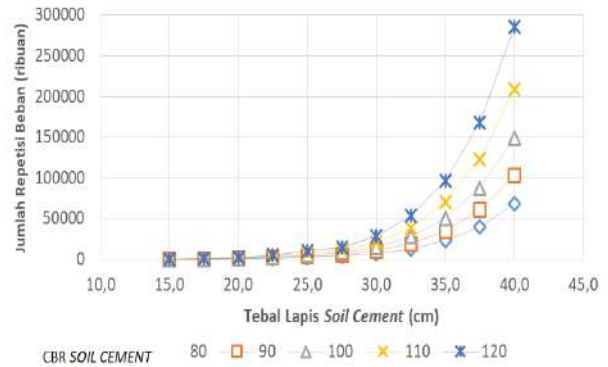
Gambar 4 Hubungan antara Nd dan Tebal Soil Cement pada CBR subgrade 3 %



Gambar 5 Hubungan antara Nd dan Tebal Soil Cement pada CBR subgrade 4 %



Gambar 6 Hubungan antara Nd dan Tebal Soil Cement pada CBR subgrade 5 %



Gambar 6 Hubungan antara Nd dan Tebal Soil Cement pada CBR subgrade 5 %

3.3. Analisa Repetisi Beban berdasarkan Tebal Perkerasan Praktis

Tabel 2 memperlihatkan perbandingan tebal LFSKT hasil analisis metode analitis menggunakan plaxis V.8.2 dan tebal perkerasan CTB sebagaimana disarankan dalam metode Bina Marga 2017 untuk nilai CBR Subgrade 6% dan berbagai derajat repetisi beban lalu-lintas. Tebal LFSKT hasil analisis lebih tipis dengan perbedaan ketebalan yang cukup besar jika dibandingkan dengan tebal perkerasan CTB. Hal ini dimungkinkan karena beberapa perbedaan metode analisis dan asumsi yang diambil sebagaimana terangkum dalam Tabel 3.

Tabel 2 Perbandingan Tebal Perkerasan

Repetisi Beban Kumulatif (10 ⁶ ESA)	Total Tebal Perkerasan (cm)	
	Metode Bina Marga 2017 dengan lapis fondasi CTB	Metode Analitis Mekanistik dengan lapis fondasi Soil Cement
10 – 30	47,5	32,5
30 – 50	50,0	35,0
50 – 100	52,5	37,5
100 – 200	57,0	40,0

Tabel 3 Perbedaan Asumsi Prosedur Desain

Asumsi Prosedur Desain	Metode Bina Marga 2017 dengan lapis fondasi CTB	Metode Analitis Mekanistik dengan lapis fondasi Soil Cement
Lapis Fondasi Struktur Perkerasan	Cemen Treated Base	Soil Cement
Model Beban	Beban Dinamis	Beban Statis
Jumlah repetisi izin	$N = \left[\frac{9300}{\mu \epsilon} \right]^7$	$N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_c)^{-4}$

4. Kesimpulan

1. Tebal LFSKT hasil analisis metode analisis mekanistik menggunakan bantuan program plaxis v.8.2 cukup mendekati metode analisis mekanistik berdasarkan metode Nottingham.
2. Hubungan antara jumlah repetisi beban terhadap tebal lapis perkerasan LFSKT merupakan fungsi ekponensial.
3. Tebal LFSKT hasil analisis metode analisis mekanistik menggunakan bantuan program plaxis v.8.2 lebih tipis dengan perbedaan ketebalan yang cukup besar jika dibandingkan dengan tebal perkerasan CTB sebagaimana disarankan dalam metode Bina Marga 2017.

5. Daftar pustaka

- [1] Anonim, *Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.*, Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta, 2017.
- [2] Anonim, *Soil Cement Construction Hand Book*, Portland Cement Assosiation, Illinois, 1995.
- [3] Lim S. M., Wijeyesekera D. C., Lim A. J. M. S., Bakar I. B. H., *Critical Review of Innovative Soil Road Stabilization Techniques*, International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), Volume-3 Issue-5, June 2014
- [4] Mitchell, J.K., 1993, *Fundamental of Soil Behavior*, John Wiley & Sons, Inc New York.
- [5] Todingrara' Y.T., Tjaronge M.W., Tri Harianto and Muhammad Ramli, *Performance of Laterite Soil Stabilized with Lime and Cement as a Road Foundation*, International Journal of Applied Engineering Research Volume 12, Number 14, 2017, pp. 4699-4707 © Research India Publications.
<http://www.ripublication.com>
- [6] Suksun H, Runlawan R, Avirut C, Yuttana R, Apichat S, *Analysis of strength development in cement-stabilized silty clay from microstructural considerations*. Construction and Building Materials, www.elsevier.com/locate/conbuildmat, 2010 page 2011–2021.
- [7] Bubul Ahmed, Md. Abdul Alim, Md Abu Sayeed, *Improvement of Soil Strength Using Cement and Lime Admixture*, Earth Science, Vol 2 (6), November 2013
- [8] Widiyanto Arif, *Pemanfaatan Material Tempatan untuk Bahan Jalan sebagai Upaya Efisiensi dan Penerapan Green Construction pada Pembangunan Jalan National*, Conference of Road Engineering XI, Indonesian Road Development Association (IRDA/ HPJI), ISBN 978-979-95959-8-0, Denpasar, Bali, 2010
- [9] Anonim, *Spesifikasi Khusus Interim Lapis Pondasi Semen Komposit Tanah*, Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta, 2017.
- [10] Widodo T., *Performance of Soil Composite Cement Base Layers with Additive Matos Soil Stabilizer on Suka Bumi–Kedang Ipil Road Section Kutai Kertanegara East Kalimantan Indonesia*, International Conference on Civil, Offshore and Environmental Engineering, Perak, 2020
- [11] Anonim, *Thickness Design – Full Depth Asphalt Pavement Structure for Highways and Street 8th Edition*. Lexington : Asphalt Institute, 1982.