

Pengaruh Variasi Nilai Index Plastisitas Dari Agregat Halus Terhadap Daya Dukung Lapis Pondasi Agregat Kelas-A

Adelina A.R Runtuwene

Oscar.H.Kaseke, Freddy Jansen

Universitas Sam Ratulangi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Manado

Email: adelineruntuwene@gmail.com

ABSTRAK

Berdasarkan Spesifikasi Umum Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2010 Lapis Pondasi Agregat kelas-A harus memiliki nilai CBR minimum 90 % dan nilai index plastisitas (PI) diantara 0% hingga 6%. Dalam pelaksanaan di lapangan, Lapis Pondasi Agregat kelas-A kemungkinan terjadi fluktuasi terhadap nilai Index Plastisitas (PI) oleh beberapa sebab, seperti tercampurnya Lapis Pondasi Agregat kelas-A dengan material tanah yang memiliki nilai indeks plastisitas yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh hubungan nilai index plastisitas terhadap nilai index plastisitas.

Penelitian ini menggunakan material sirtu yang berasal dari desa Lilang Minahasa Utara dan tanah pencampur berasal dari daerah disekitar lokasi pengambilan material sirtu. Penelitian ini bersifat kajian dilaboratorium, dimulai dengan pemeriksaan sifat-sifat fisik terhadap material sirtu dan tanah. Kemudian dilakukan variasi penambahan tanah dilakukan untuk mendapatkan variasi index plastisitas. Penambahan tanah terhadap sirtu akan divariasikan mulai dari 0%, 3%, 6%, 9%, hingga 12%. Selanjutnya variasi tersebut dilakukan pemeriksaan index plastisitas dan pemeriksaan pemadatan untuk mendapatkan kadar air optimum. Berdasarkan kadar air optimum maka dilakukan pemeriksaan CBR laboratorium untuk mendapatkan nilai CBR.

Dengan variasi penambahan tanah didapat bahwa adanya penambahan tanah yang memiliki nilai PI tinggi membuat nilai CBR mengalami penurunan. Tanpa adanya penambahan tanah material sirtu memiliki nilai index plastisitas (PI) = 3.15 % dan CBR = 98.35%. Penambahan tanah sebesar 3% memiliki nilai index plastisitas (PI) = 4.92% dan nilai CBR = 86.34%. Penambahan tanah sebesar 6% memiliki nilai index plastisitas (PI) = 6.4% dan nilai CBR = 76.81%. Penambahan tanah sebesar 9% memiliki nilai index plastisitas (PI) = 7.24% dan nilai CBR = 67.28%. Penambahan tanah sebesar 12 % memiliki nilai index plastisitas (PI) = 8.3% dan nilai CBR = 53.37%.

Dapat disimpulkan bahwa nilai index plastisitas mempengaruhi nilai CBR. Kenaikkan nilai index plastisitas sebesar 1.2% dapat menurunkan nilai CBR sebesar 11%. Untuk material pada penelitian ini penambahan tanah dapat dilakukann sebesar 3%. Disarankan walau nilai index plastisitas diperbolehkan hingga 6% dalam pelaksanaannya sebaiknya material untuk Lapis Pondasi Agregat kelas-A memiliki nilai index plastisitas sekecil mungkin. Seperti hasil penelitian ini, meningkatnya nilai index plastisitas menyebabkan daya dukung Lapis Pondasi Agregat kelas-A mengalami penurunan.

Kata kunci : CBR, Index Plastisitas, Lapis Pondasi Agregat kelas-A

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada pelaksanaan di lapangan, nilai index plastisitas dari Lapis Pondasi Agregat kelas-A dapat meningkat. Meningkatnya nilai index plastisitas dipengaruhi oleh kadar air, karakteristik material, dan kebersihan dari material. Kadar air menentukan besarnya plastisitas suatu material. Karakteristik material mempengaruhi banyaknya partikel lempung dalam material dimana material lempung mempengaruhi besarnya plastisitas. Material yang bebas dari plastisitas akan lebih kondusif untuk pekerjaan lapis pondasi jalan raya. Kenaikkan nilai index plastisitas dapat mempengaruhi nilai CBR pada perkerasan lapisan ini. Kenaikkan nilai CBR akan mempengaruhi daya dukung lapis pondasi.

Hal ini dapat terlihat dari uji *quality control* yang dilakukan pada beberapa sampel perkerasan

jalan dari hasil pengujian tersebut terlihat adanya penurunan nilai CBR. Sebelum pekerjaan konstruksi dilapangan material yang akan digunakan telah didesain memenuhi spesifikasi yang telah disyaratkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum .

Kementerian Pekerjaan Umum telah membuat persyaratan bahan dan material termasuk cara pelaksanaannya dari Lapis Pondasi Agregat kelas-A. Menurut Spesifikasi Umum 2010 Kementerian Pekerjaan Umum Lapis Pondasi Agregat kelas-A harus mencapai nilai CBR minimum 90 % dan memiliki persyaratan nilai Index Plastisitas (PI) yang berada diantara 0% - 6%.

Dari permasalahan yang tersebut melatarbelakangi penelitian ini diadakan . Penelitian ini akan diadakan di laboratorium dan akan meneiliti secara lebih jelas tentang bagaimana pengaruh variasi nilai index plastisitas agregat halus terhadap

daya dukung Lapis Pondasi Agregat kelas-A. Daya dukung Lapis Pondasi Agregat kelas-A dinyatakan oleh nilai *California Bearing Ratio* (CBR).

Rumusan Masalah

Tingkat plastisitas tanah ditentukan berdasarkan Index Plastisitas (PI) tanah tersebut. Semakin besar nilai indeks plastisitas maka semakin besar kemungkinan tanah dalam kondisi plastis. Sehingga semakin besar nilai dari index plastisitas (PI) maka akan semakin tidak kondusif terhadap lapis pondasi karena sifat tanahnya yang plastis. Berdasarkan uraian tersebut maka akan perlu diketahui bagaimana pengaruh nilai index plastisitas terhadap nilai CBR lapis pondasi agregat kelas-A

Batasan Masalah

Penelitian dilakukan dengan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berdasarkan kajian laboratorium
2. Material yang akan digunakan dipilih sesuai persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 untuk pekerjaan Lapis Pondasi Agregat kelas - A.
3. Pemeriksaan tanah hanya akan dilakukan pemeriksaan ukuran distribusi butiran dan pemeriksaan index plastisitas.

Tujuan Penelitian.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh hubungan kenaikan nilai index plastisitas terhadap daya dukung (dinyatakan oleh nilai CBR) untuk Lapis Pondasi Agregat kelas-A.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat menjadi referensi bagaimana hubungan nilai index plastisitas dengan nilai CBR pada Lapis Pondasi Agregat kelas-A .

Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah melalui *research* di laboratorium perkerasan jalan. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai sifat-sifat fisik agregat dan daya dukung material sebagai bahan lapis pondasi. Dalam penelitian ini akan ada penambahan tanah yang memiliki nilai Index Plastisitas(PI). Dengan langkah-langkah/tahapan sebagai berikut :

1. Pengambilan sampel material dari lokasi sumber
2. Persiapan material dan alat
3. Pemeriksaan abrasi agregat kasar
4. Indeks plastis agregat halus dan material tanah pencampur

5. Pemeriksaan gradasi untuk material sirtu dan gradasi tanah pencampur yang memiliki nilai Index Plastisitas(PI)
6. Membuat komposisi blending (campuran) agregat dengan tanah pencampur dimana akan dilakukan penambahan variasi tanah yang memiliki nilai Index Plastisitas(PI) .
7. Pemerikasaaan Index Plastisitas(PI) setelah pencampuran agregat dan material tanah yang memiliki nilai Index Plastisitas(PI) yang telah divariasikan 3 %, 6%,9%,dan 12 %.
8. Melakukan pemadatan untuk mencari kadar air optimum dan maximum dry density untuk masing – masing variasi.
9. Pemeriksaan nilai CBR.
10. Menganalisa korelasi antara nilai CBR yang diperoleh dengan nilai Indeks Plastisitas.

TINJAUAN PUSTAKA

Lapis Pondasi Agregat

Lapis pondasi agregat merupakan bagian perkerasan lentur jalan raya yang terletak antara lapis permukaan dan tanah dasar.Lapis Pondasi Agregat kelas-A umumnya disebut juga Lapis Pondasi Atas (*Base Course*). Lapisan perkerasan ini berada diantara lapis pondasi bawah (*Subbase Course*) dan lapis permukaan (*Surface Course*)

Fungsi lapisan pondasi atas ini adalah :

- Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban kelapisan dibawahnya.
- Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Gambar 1. Potongan Melintang Tipikal Jalan



Sumber : Standar Pedoman Manual Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan Buku 1

Sebagai lapisan perantara, maka syarat-syarat untuk bahan perkerasan ini adalah :

- Kualitas bahan harus baik.
- Mengenai bentuk butir,
- Gradasi butiran-butiran harus merupakan susunan yang rapat.

- Kandungan filler harus cukup tetapi tidak melampaui batas maksimum/minimum.
- Homoginitas atau sesempurna mungkin

Material yang akan digunakan untuk lapis pondasi atas adalah material yang cukup kuat. Untuk lapis pondasi atas tanpa bahan pengikat, umumnya menggunakan material dengan CBR $\geq 90\%$ dan Plastis Indeks (PI) $\leq 6\%$ (sesuai spesifikasi Bina Marga tahun 2010). Bahan-bahan alam seperti batu pecah, kerikil pecah, stabilisasi tanah dengan semen dan kapur dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas.

Pelaksanaan pekerjaan Lapis Pondasi Agregat harus dikerjakan menurut persyaratan yang dibuat oleh Direktorat Bina Marga Kementerian Umum. Adapun Spesifikasi Umum Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2010 sebagai berikut :

Tabel 1. Gradasi Lapis Pondasi Agregat

Ukuran Ayakan	ASTM	(mm)	Persen Berat Yang Lolos		
			Kelas A	Kelas B	Kelas S
2"		50		100	
1 1/2"		37,5	100	88 - 95	100
1"		25,0	79 - 85	70 - 85	89 - 100
3/8"		9,50	44 - 58	30 - 65	55 - 90
No.4		4,75	29 - 44	25 - 55	40 - 75
No.10		2,0	17 - 30	15 - 40	26 - 59
No.40		0,425	7 - 17	8 - 20	12 - 33
No.200		0,075	2 - 8	2 - 8	4 - 22

Sumber: Spesifikasi Umum Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2010

Tabel 2. Sifat-Sifat Lapis Pondasi Agregat

Sifat - sifat	Kelas A	Kelas B	Kelas S
Abrasi dari Agregat Kasar (SNI 2417:2008)	0 - 40 %	0 - 40 %	0 - 40 %
Indek Plastisitas (SNI 1966:2008)	0 - 6	0 - 10	4 - 15
Hasil kali Indek Plastisitas dng. % Lolos Ayakan No.200	maks. 25	-	-
Batas Cair (SNI 1967:2008)	0 - 25	0 - 35	0 - 35
Bagian Yang Lunak (SNI 03-4141-1996)	0 - 5 %	0 - 5 %	0 - 5 %
CBR (SNI 03-1744-1989)	min.90 %	min.60 %	min.50 %

Sumber: Spesifikasi Umum Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2010

Agregat

Secara umum agregat didefinisikan sebagai suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai campuran berupa berbagai jenis butiran atau pecahan yang merupakan komponen utama lapisan perkerasan jalan. Agregat terdiri dari pasir, gravel, batu pecah, slag atau material lain dari bahan mineral alami atau buatan. Material agregat yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan tugas utamanya untuk menahan beban lalu lintas. Agar dapat digunakan sebagai campuran aspal, agregat harus lolos dari berbagai uji yang telah ditetapkan.

Tanah

Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) padat yang tersementasi (terikat

secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Tanah dapat diklasifikasikan secara umum sebagai tanah yang tidak kohesif dan kohesif, atau sebagai tanah yang berbutir kasar atau halus. Tanah juga didefinisikan sebagai akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan.

Index Plastisitas

Indeks Plastisitas biasanya dipakai sebagai salah satu syarat untuk pemeriksaan sampel yang akan dipakai sebagai bahan pembuatan jalan raya. Tanah yang batas cairnya tinggi biasanya mempunyai sifat teknik yang buruk, yaitu kekuatannya rendah dan kompresibilitasnya tinggi serta sulit untuk memadatkannya, seperti untuk pembuatan jalan. Index plastisitas bisa diketahui dengan menggunakan pengujian batas-batas Atterberg

Index Plastisitas merupakan interval kadar air, yaitu tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastis menunjukkan sifat keplastisitan tanah. Jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis kecil, maka keadaan ini disebut dengan tanah kurus. Jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis besar disebut tanah gemuk. Nilai indeks plastisitas dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$IP = LL - PL \quad (1)$$

dimana: PI=Index Plastisitas (%)

LL= Batas Cair (%)

PL= Batas Plastis (%)

Tabel 3. Tingkat Plastisitas Tanah Menurut Atterberg

Indeks Plastisitas	Tingkat Plastisitas	Jenis Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non kohesif
< 7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 - 17	Plastisitas Sedang	Lanauberlempung	Kohesif
> 17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

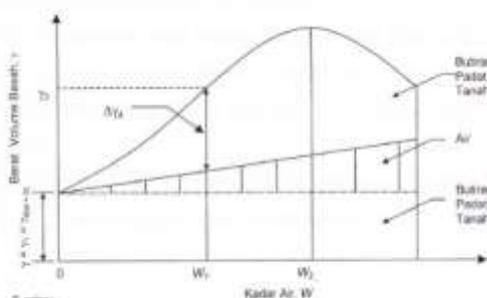
Sumber: Hardiyatmo, H.C, Mekanika Tanah.

Pemadatan

Pemadatan berfungsi untuk meningkatkan daya dukung tanah. Dengan meningkatnya daya dukung tanah deformasi dapat dihindari. Tingkat pemadatan tanah diukur dari berat volume kering tanah yang dipadatkan. Bila air ditambahkan pada suatu tanah yang sedang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai unsur pembasah (pelumas)

pada partikel-partikel tanah. Dengan adanya air, partikel-partikel tanah tersebut akan lebih mudah bergerak dan bergeseran satu sama lain dan membentuk kedudukan yang lebih rapat atau padat. Untuk usaha pemadatan yang sama, berat volume kering dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah (pada saat dipadatkan) meningkat.

Gambar 2. Hubungan Kadar Air Dengan Berat Volume Tanah.



Sumber: Djatmiko, S. Mekanika Tanah 1

Selain kadar air maka faktor lain yang mempengaruhi pemadatan adalah jenis tanah dan energi pemadatan. Ada dua jenis pemadatan di Laboratorium yang bisa dipakai untuk menentukan kadar air optimum dan berat kering maksimum. Percobaan ini disebut "Standart Compaction Test" dan "Modified Compaction Test".

1. Pemadatan Standar (*Standard Compaction Test*). Dalam percobaan ini tanah dipadatkan dalam suatu mold yang isinya $1/30 \text{ ft}^3$, diameter mold 4 inch, tinggi 4,58 inch dengan menggunakan alat penumbuk seberat 5,5 pound yang dijatuhkan dengan ketinggian 12 inch. Cetakan isi dengan lapisan, dipadatkan dengan 25 pukulan dari alat penumbuk. Percobaan ini dilakukan sebanyak 3 lapisan.
2. Pemadatan Modifikasi (*Modified Compaction Test*). Cara melakukan percobaan ini tidak banyak berbeda dengan cara sebelumnya. Bedanya hanya pada penumbuk yang digunakan, berat penumbuknya 10 pound dan tinggi jatuh 18 inch. Juga disini tanah dipadatkan dalam 5 lapisan, bukan 3 lapisan seperti pada percobaan Pemadatan Standar. Namun dalam penelitian di Laboratorium ini menggunakan Pemadatan Modifikasi (*Modified Compaction Test*).

Dari setiap pekerjaan pemadatan yang telah dikerjakan dihitung :

a. Berat volume basah :

$$\gamma = \frac{w_2 - w_1}{v} \text{ (gram/ cm}^3\text{)} \quad (2)$$

b. Berat volume kering benda uji

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} \text{ (gram/ cm}^3\text{)} \quad (3)$$

Dimana : w = Kadar air

W1 = Berat silinder kosong (gram)

W2 = Berat silinder kosong + benda uji (gram)

V = Volume Silinder (cm³)

Gambarkan hubungan antara berat volume kering dengan kadar air pada grafik dengan absis = kadar air dan ordinat = volume kering. Grafik diperoleh dengan menarik garis penghubung yang terbaik melalui titik-titik data yang diperoleh. Dari grafik dapat ditetapkan :

1. Kadar air Optimum (Wopt) benda uji yang diperiksa, yaitu kadar air pada puncak garis lengkung
2. Kepadatan maksimal $\gamma_d \text{ max}$ yaitu, berat volume kering yang diperoleh pada pemadatan pada kadar air optimum.

CBR (*California Bearing Ratio*)

Daya dukung tanah dasar (subgrade) pada perencanaan perkerasan lentur dinyatakan dengan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). CBR pertama kali diperkenalkan oleh California Division of Highways pada tahun 1928. Orang yang banyak mempopulerkan ini adalah O. J. Porter. CBR adalah perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk penetrasi contoh tanah sebesar 0,1" dan 0,2". Harga CBR dinyatakan dalam persen.

Harga CBR merupakan ukuran daya dukung tanah yang dipadatkan dengan daya pemadatan tertentu dan kadar air tertentu dibandingkan dengan beban standar pada batu pecah. Dengan demikian besaran CBR adalah prosentase atau perbandingan antara daya dukung tanah yang teliti dibandingkan dengan daya dukung batu pecah standar pada nilai penetrasi yang sama (0,1 inch dan 0,2 inch).

Alat percobaan untuk menentukan besarnya nilai CBR berupa alat yang mempunyai piston dengan luas 3 inch². Piston digerakkan dengan kecepatan 0,05 inch/menit, dan mengarah vertikal ke bawah. Proving ring digunakan untuk mengukur beban yang dibutuhkan pada penetrasi tertentu yang diukur dengan arloji pengukur (dial). Beban yang diperlukan untuk melakukan penetrasi bahan standar adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Besarnya beban yang dibutuhkan untuk melakukan penetrasi bahan standar

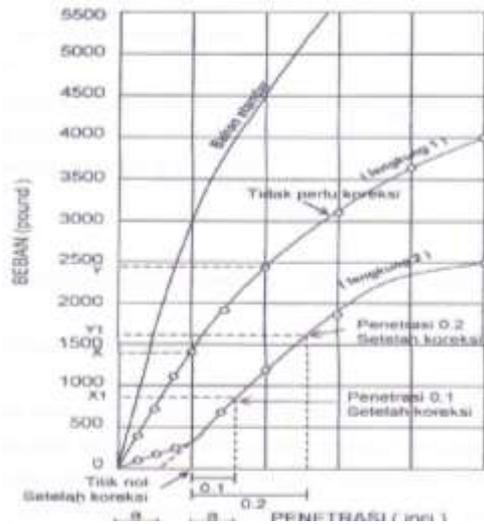
Penetrasi (inch)	Beban Standar (lbs)	Beban Standar (lbs/inch ²)
0,1	3000	1000
0,2	4500	1500
0,3	5700	1900
0,4	6900	2300
0,5	7800	2600

Hasil pemeriksaan CBR dibuat grafik hubungan antara beban dan penetrasi. Perlu diperhatikan bentuk lengkung yang diperoleh. Jika lengkung yang diperoleh seperti lengkung 1 (awal lengkung merupakan garis lurus) pada gambar 3 maka:

$$CBR_{0.1} = \frac{x}{3000} \times 100\% = a\% \quad (4)$$

$$CBR_{0.2} = \frac{y}{3000} \times 100\% = b\% \quad (5)$$

Gambar 3. Grafik hubungan antara Beban dan Penetrasi pada campuran pemeriksaan CBR



Sumber : Sukirman S. Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya

Nilai CBR adalah nilai yang terbesar antara a dan b. Jika lengkung yang diperoleh seperti lengkung 2 (awal lengkung merupakan lengkung cekung) pada gambar 3 maka :

$$CBR_{0.1} = \frac{x_1}{3000} \times 100\% = a_1\% \quad (6)$$

$$CBR_{0.2} = \frac{y_1}{3000} \times 100\% = b_1\% \quad (7)$$

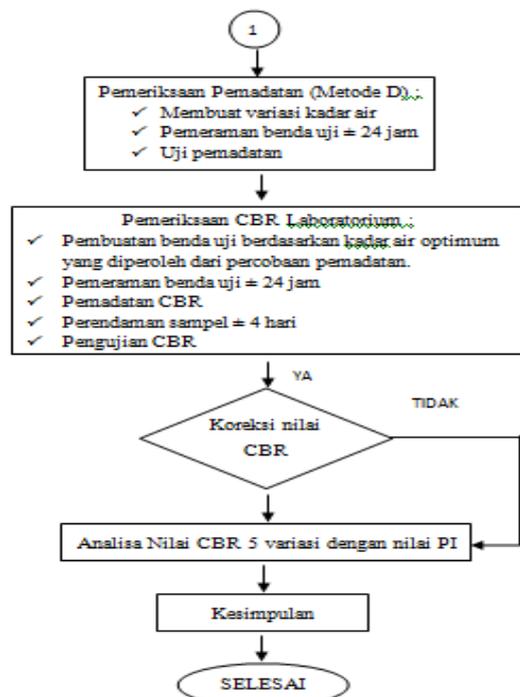
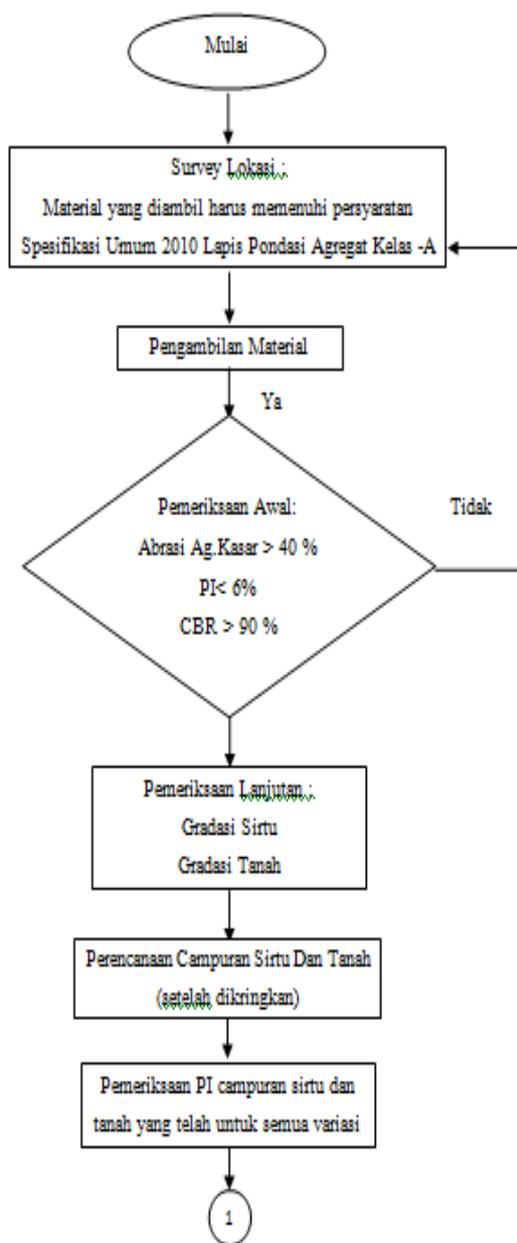
Nilai CBR adalah nilai yang terbesar antara a_1 dan b_1 , x_1 dan y_1 diperoleh dari langkah-langkah sebagai berikut :

1. Tarik garis singgung pada garis lengkung sehingga memotong sumbu absis
2. Geser titik yang menunjukkan penetrasi 0.1" dan 0.2" kekanan sejauh a (gambar 3), titik-titik tersebut menjadi titik 0.1" dan 0.2"

METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini langkah yang perlu ditempuh adalah mengawali dengan memilih agregat dan tanah yang akan digunakan. Dalam penelitian ini untuk material sirtu dan tanah pencampur berasal dari lokasi penampungan atau penimbunan di desa Lilang kecamatan Kema Minahasa Utara. Material tersebut kemudian dilakukan pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisik material. Pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat meliputi pemeriksaan abrasi dengan mesin

Los Angeles, pemeriksaan gradasi, dan pemeriksaan nilai index plastisitas. Kemudian dilakukan variasi penambahan tanah terhadap sirtu. Dimana berat sirtu tetap dan penambahan tanah yang divariasikan. Penambahan tanah divariasikan sebesar 0 %, 3 %, 6 %, 9%, dan 12% terhadap berat keseluruhan berat sirtu. Setelah dilakukan variasi penambahan tanah kemudian dilakukan kembali pemeriksaan nilai index plastisitas untuk semua variasi. Selanjutnya akan dilaksanakan pengujian pemadatan dengan metode pemadatan (metode D) untuk mendapatkan kadar air optimum tiap variasi. Kadar air optimum yang didapatkan akan digunakan untuk pengujian CBR laboratorium. Benda uji untuk pengujian CBR akan direndam selama 96 jam (4 hari). Pengujian CBR akan dilakukan menurut menurut AASHTOO T- 193 – 98. Hasil pemeriksaan CBR kemudian akan dianalisa bagaimana hubungan nilai index plastisitas dan nilai CBR. Untuk menjabarkan metode ini, disajikan dalam bentuk *flow chart* dibawah ini :



Gambar 4. Flow Chart Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisik Sirtu dan Tanah

Hasil pengujian terhadap sifat-sifat fisik sirtu dan tanah dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sifat- Sifat Fisik Sirtu dan Tanah

JENIS PENGUJIAN	METODE PENGUJIAN	SYARAT	HASIL
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 2417 : 2008	< 40%	21,95 %
Indeks Plastisitas	SNI 1999 : 2008		
A.SIRTU		< 6%	3.15 %
B.TANAH PENCAMPUR			8.7 %
CBR SIRTU	SNI 03-1744-1989	> 90%	98,35 %

Hasil Pemeriksaan Gradasi Sirtu dan Tanah

Ukuran Saringan	ASTM (Inchi)	Metrik (mm)	Sampel A				Sampel B				Rata-Rata (%)
			Berat Tertahan (gr)	Berat Kumulatif (%)	Persen Tertahan (%)	Persen Lolos (%)	Berat Tertahan (gr)	Berat Kumulatif (%)	Persen Tertahan (%)	Persen Lolos (%)	
2"	50.8	0	0.0	0.0	100.00	0	0.00	0.00	100.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0	0.00	0.00	100.00	0	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"	25.40	324.5	324.50	3.49	96.51	433.2	433.20	4.69	95.31	95.91	
3/8"	9.53	6219.7	6544.20	70.46	29.54	6069.2	6502.40	70.35	29.65	29.59	
No.4	4.76	1115.3	7659.50	82.47	17.53	1157	7659.40	82.87	17.13	17.33	
No.10	2.00	626.5	8286.00	89.22	10.78	609.7	8269.10	89.46	10.54	10.66	
No.40	0.42	566.5	8852.50	95.32	4.68	542.7	8811.80	95.33	4.67	4.68	
No.200	0.07	321.7	9174.20	98.78	1.22	316.81	9128.61	98.76	1.24	1.23	
<#200	pan	113.3	9287.50	100.00	0.00	114.6	9243.21	100.00	0.00	0.00	
			9287.5			9243.2					

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Gradasi Sirtu



Gambar 5. Grafik Gradasi Sirtu

Selain melakukan pemeriksaan gradasi terhadap sirtu juga dilakukan pemeriksaan gradasi tanah terlihat pada tabel 7 dan gambar 5.

Tabel 7. Hasil Analisa Saringan Material Tanah

Diameter Butir. d (mm)	Berat Tertahan (gr)	PROSEN TERTAHAN (%)	PERSEN LOLOS (%)
2.38	0.00	0.00	100.00
2.00	16.11	1.86	98.14
1.68	34.90	4.03	95.97
1.19	89.60	10.33	89.67
1.00	114.60	13.22	86.78
0.59	196.90	22.71	77.29
0.43	256.90	29.63	70.37
0.30	308.00	35.52	64.48
0.18	400.50	46.19	53.81
0.15	434.20	50.08	49.92
0.08	543.60	62.70	37.30

Gambar 6. Grafik Distribusi Ukuran Butiran Tanah



Dari tabel 6 dan gambar 5 terlihat bahwa gradasi sirtu tidak memenuhi persyaratan gradasi yang disyaratkan untuk pekerjaan Lapis Pondasi Agregat kelas-A. Oleh karena itu gradasi yang akan digunakan adalah gradasi ideal berdasarkan Spesifikasi Umum Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2010, seperti pada tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Gradasi Lapis Pondasi Agregat kelas-A

UKURAN SARINGAN (Inchi)	METRIK (mm)	BERAT LOLOS (%)			BERAT TERTAHAN (%)
		Spesifikasi Umum			
		IDEAL	ATAS	BAWAH	
2"	50.8	100	100	100	0
1 1/2"	38.10	100	100	100	0
1"	25.40	82.5	79	85	17.5
3/8"	9.53	51.5	44	58	31
No.4	4.76	36	29	44	15.5
No. 10	2.00	23.5	17	30	12.5
No. 40	0.42	12	7	17	11.5
No.200	0.07	5	2	8	7
< # 200	pan	0	0	0	5

Dengan menggunakan gradasi ideal sesuai Spesifikasi Umum Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2010 dibuat komposisi variasi penambahan tanah seperti pada tabel 9. Penambahan tanah divariasikan sebesar 0 %, 3 %, 6 %, 9%, dan 12% terhadap berat keseluruhan berat sirtu. Dimana berat sirtu tetap dan penambahan tanah yang divariasikan. Penambahan tanah dilakukan setelah tanah dan sirtu memiliki berat kering oven dimana kadar airnya nol.

Variasi	1	2	3	4	5
Berat Total	6200	6386	6572	6758	6944
SIRTU (%)	100%	100%	100%	100%	100%
(gram)	6200	6200	6200	6200	6200
TANAH (%)	0%	3%	6%	9%	12%
(gram)	0	186	372	558	744

Tabel 9. Komposisi campuran variasi penambahan tanah.

Hasil Pemeriksaan Nilai Index Plastisitas.

Setelah mendapatkan komposisi variasi penambahan tanah maka dilakukan pemeriksaan kembali terhadap nilai index plastisitas. Hasil pemeriksaan terhadap semua variasi terlihat pada tabel 10.

VARIASI	LL (%)	PL (%)	PI (%)
1	27.3	24.15	3.15
2	33.5	28.58	4.92
3	34.24	27.84	6.4
4	35.39	28.15	7.24
5	43.05	34.35	8.31

Tabel 10. Hasil Pengujian Batas –Batas Atterberg

Tabel 10 menunjukkan bahwa adanya penambahan tanah pada agregat halus meningkatkan nilai index plastisitas, batas cair (LL), dan batas plastis (PL). Pada pemeriksaan ini nilai PI untuk tanah pencampur didapat 8.7 % dimana menurut tabel 2.3 tanah pencampur ini merupakan jenis tanah lempung berlanau yang memiliki tingkat plastisitas sedang.

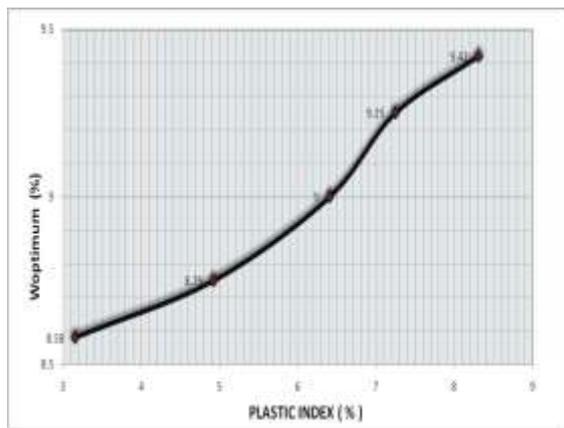
Hasil Pemeriksaan Pemadatan

Dari hasil pemeriksaan pemadatan di laboratorium (metode d) pada tabel 11 terlihat

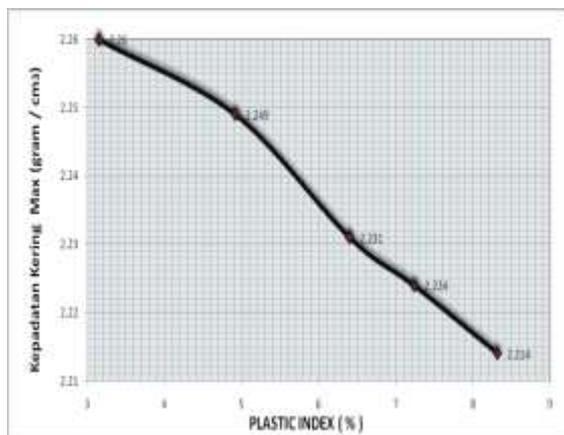
bahwa adanya variasi penambahan tanah pada agregat halus meningkatkan kadar air optimum. Sebelumnya pada pemeriksaan nilai index plastisitas dengan adanya variasi penambahan tanah pada agregat halus menyebabkan meningkatkan nilai index plastisitas setiap variasi. Kenaikkan pada kadar air optimum, penambahan tanah pada agregat halus, dan kenaikan nilai index plastisitas (PI) menyebabkan penurunan pada hasil kepadatan kering yang diperoleh dari pengujian pemadatan yang telah dilakukan.

VARIASI	PI (%)	Woptimum	KEPADATAN KERING (gr/cm3)
1	3.15	8.58	2.26
2	4.92	8.75	2.249
3	6.4	9	2.231
4	7.24	9.25	2.224
5	8.31	9.42	2.214

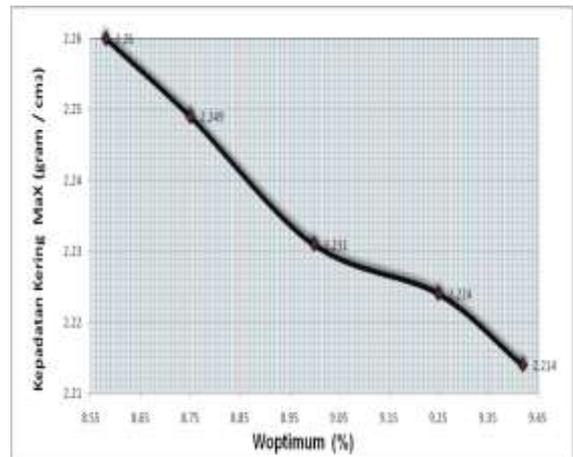
Tabel 11. Hasil Pemeriksaan Pemadatan



Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar Air ($W_{optimum}$) dan Index Plastisitas



Gambar 8. Grafik Hubungan Index Plastisitas dan Kepadatan Kering Maximum ($\gamma_{d_{max}}$)



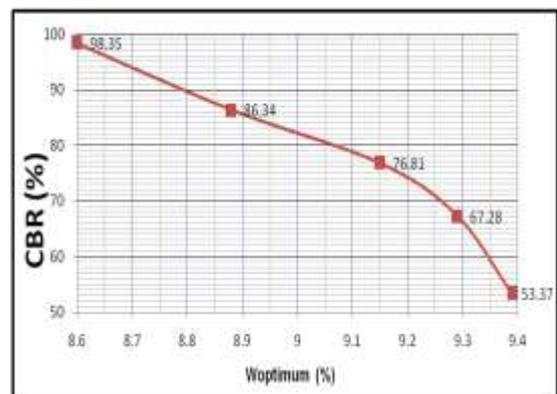
Gambar 9. Grafik Hubungan Kadar Air ($W_{optimum}$) dan Kepadatan Kering Maximum ($\gamma_{d_{max}}$)

Analisa Dan Hasil Pengujian CBR

Setelah mendapatkan kadar air optimum untuk setiap variasi dan dilakukan pengujian CBR di laboratorium. Dari hasil pengujian pada benda uji yang telah dilakukan perendaman selama 4 hari maka didapatkan hasil seperti pada tabel 12.

VARIASI	CBR (%)	PI (%)	KEPADATAN KERING (gr/cm3)	Wopt (%)
1	98.35	3.15	2.37	8.6
2	86.34	4.92	2.32	8.88
3	76.81	6.4	2.29	9.15
4	67.28	7.24	2.22	9.29
5	53.37	8.31	2.1	9.39

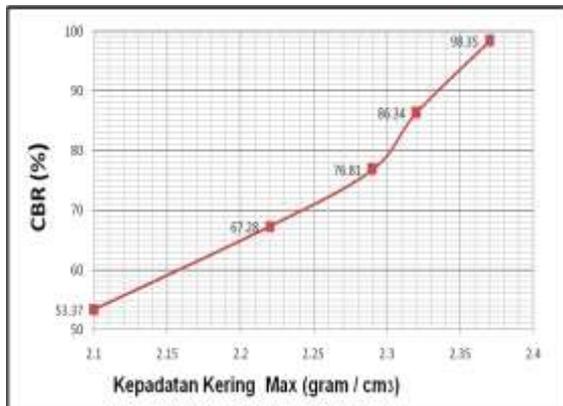
Tabel 12. Hasil Pengujian CBR Laboratorium



Gambar 10. Grafik Hubungan Kadar Air (W_{opt}) dan Nilai CBR

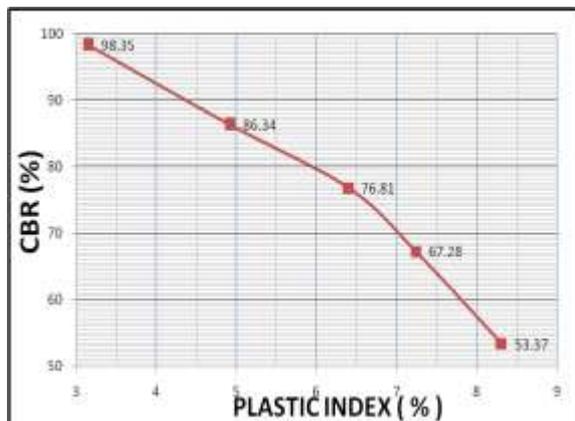
Gambar 10 di atas dan dari hasil pemeriksaan pemadatan yang digambarkan pada gambar 7 terlihat bahwa adanya penambahan tanah pada agregat halus dan tanah yang ditambahkan memiliki nilai PI akan mempengaruhi kadar air saat pemadatan dan begitu juga akan mempengaruhi kadar air saat pengujian CBR. Semakin tinggi nilai

indeks plastisitas akan semakin banyak kadar air yang diperlukan. Semakin tinggi kadar air yang dibutuhkan maka akan semakin rendah nilai CBR yang akan didapat.



Gambar 11. Grafik Hubungan Kepadatan Kering Maximum dan Nilai CBR

Gambar 11 menunjukkan bahwa semakin tinggi kepadatan kering maximum yang didapat maka akan nilai CBR yang didapat akan semakin baik. Kepadatan kering maximum dipengaruhi oleh kadar air seperti terlihat pada gambar 8. Semakin tinggi kadar air yang digunakan akan menurunkan nilai kepadatan kering maximum. Hal ini menyebabkan pada pengujian CBR jika nilai kepadatan maksimum yang digunakan rendah yang disebabkan oleh kadar air tinggi maka nilai CBR yang akan didapatkan nanti akan rendah.



Gambar 12. Grafik Hubungan Nilai Index Plastisitas dan Nilai CBR

Gambar 12 di atas menunjukkan bahwa penambahan tanah yang memiliki indeks plastisitas akan mempengaruhi nilai CBR. Pada material sirtu tanpa adanya penambahan tanah nilai CBR penetrasi 0.1" dan 0.2" memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2010 Lapis Pondasi Agregat kelas-A. Adanya penambahan tanah pada agregat halus sebesar 25% dan dari hasil pemeriksaan *Atterberg Limit* variasi tersebut memiliki nilai P_{Inya} 4.92 % ternyata

mengalami perubahan nilai CBR. Variasi tersebut mengalami penurunan CBR. Dari hasil pengujian pemadatan yang telah dilakukan terhadap variasi-variasi tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin banyak tanah yang ditambah pada agregat halus dan tanah tersebut memiliki nilai index plastisitas yang semakin tinggi maka nilai CBR mengalami penurunan.

Dari gambar 10, gambar 11, gambar 12 didapatkan hubungan antara nilai P_{I} , kadar air optimum, dan kepadatan kering maximum saling mempengaruhi akan nilai pengujian CBR. Dari gambar 12 terlihat bahwa kenaikan rata-rata nilai index plastisitas sebesar 1,2% dan penurunan rata-rata nilai CBR sebesar 11 %. Semakin tinggi nilai P_{I} dan kadar air dalam material pelaksanaan pekerjaan lapis pondasi akan menghasilkan kepadatan yang rendah. Kepadatan yang rendah akan mempengaruhi nilai CBR.

Berdasarkan Spesifikasi Umum Kementerian Pekerja Umum Tahun 2010 Lapis Pondasi Agregat kelas-A disyaratkan bahwa nilai P_{I} tidak boleh melebihi 6% dan nilai CBR maksimum 90 %. Dari penelitian ini material yang digunakan memenuhi persyaratan namun dengan adanya variasi-variasi penambahan tanah terhadap agregat halus yang memiliki nilai P_{I} yang melebihi persyaratan membuat material ini memiliki daya dukung yang rendah dimana nilai CBR kurang dari 90%.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, sirtu memiliki nilai Index Plastisitas 3.15 % dan untuk tanah memiliki nilai Index Plastisitas 8.7%. Dari penambahan tanah sebesar 3 % didapat $P_{I} = 4.92$ % , CBR = 86%; $W_{opt} = 8.79$ % , dan $\gamma_{dmax} = 2.367$ gr / cm^3 . Pada penambahan tanah sebesar 6 % didapat $P_{I} = 6.4$ % , CBR = 77 % , $W_{opt} = 8.9$ % , dan $\gamma_{dmax} = 2.296$ gr / cm^3 . Pada penambahan tanah sebesar 9 % $P_{I} = 7.24$ % , CBR = 67% , $W_{opt} = 9.07$ % , dan $\gamma_{dmax} = 2.267$ gr / cm^3 . Pada penambahan tanah sebesar 12 % didapat $P_{I} = 8.3$ % , CBR = 53% , $W_{opt} = 9.25$ % , dan $\gamma_{dmax} = 2.121$ gr / cm^3 . Pada Material Sirtu tanpa adanya penambahan tanah $P_{I} = 3.15$ % , CBR = 98% , $W_{opt} = 8.6$ % , dan $\gamma_{dmax} = 2.478$ gr / cm^3 . Penambahan tanah yang memiliki nilai P_{I} tinggi membuat nilai W_{opt} naik sedangkan nilai γ_{dmax} dan nilai CBR mengalami penurunan. Batas variasi penambahan tanah hanya bisa dilakukan hingga 3 %.

Adanya variasi nilai index plastisitas dari material yang digunakan untuk lapis pondasi sangat mempengaruhi daya dukung lapis pondasi agregat kelas-A. Meningkatnya nilai Index Plastisitas membuat daya dukung material menurun dan membuat material yang tadinya layak menjadi tidak

layak digunakan untuk material Lapis Pondasi Agregat kelas-A dikarenakan nilai PI yang melebihi 6% dan nilai CBR tidak mencapai 90 %.

Saran

Penambahan tanah pada material untuk pekerjaan Lapis Pondasi Agregat Kelas - A bisa terjadi. Namun penambahan tanah yang bisa dilakukan memiliki

batas yaitu hanya bisa berkisar sekitar 0 % hingga 3% (dari seluruh berat total yang akan digunakan untuk pekerjaan lapis pondasi). Penambahan tanah yang melebihi 3 % akan menaikkan nilai PI dan membuat daya dukung yang dinyatakan oleh nilai CBR pada Lapis Pondasi Agregat kelas-A menjadi rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous.2001.Buku Besar Laboratorium Rekayasa Jalan Jurusan Teknik Sipil ITB. Bandung,
- Anonimous.2006.Satuan Pedoman Manual Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan Buku 1. Direktorat Jendral Bina Marga
- Anonimous.2006.Satuan Pedoman Manual Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan Buku 3. Direktorat Jendral Bina Marga
- Anonimous.2010.Spesifikasi Umum. Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga
- Bowles, J.E.1989. Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah) Edisi ke-2. Penerbit Erlangga, Jakarta .
- G. Djatmiko Soedarmono, S. J. Edy Purnomo. 1997 .Mekanika Tanah I,Penerbit Kanisius . Yogyakarta.
- L.D.Wesley.1977. *Mekanika Tanah*, cetakan VI, Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Sukirman, Silvia, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit ANOVA. Bandung.
- Tarigan,S.2003.Korelasi CBR dengan Indeks Plastisitas.Skripsi Program S1 Teknik Sipil.Universitas Maranatha.Bandung
- Tenriajeng, Andi. Rekayasa Jalan Raya -2.Gunadarma. Jakarta