

Stabilisasi Perbaikan Tanah Lempung di Ruas Jalan Tol Seksi IV Makassar Dengan Metode Grouting

Stabilization of Clay Soil Improvement In Makassar Toll Road Section IV With Grouting Method

Paulus Lebang^{*} , Nur Hadijah Yunianti

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa
^{*}E-mail Korespondensi: Pauluslebang@gmail.com

ABSTRACT

In this study, grouting was carried out with soil lowering so that grouting was carried out in Section IV Makassar Toll Road Section. One of the problems on land that often becomes an obstacle in a construction activity is land subsidence. The purpose of this study was to analyze the physical and mechanical properties of clay soil and to analyze the carrying capacity of the soil and the consolidation settlement value of clay soil after grouting. The soil stabilization method in this study is the grouting method using portland cement and activated lime. The variation to be used is 2 grouting points of a combination of cement and lime with a width of 2 x 2 x 3,5 meters. The diameter of the points is made differently so that the total surface area.

Keywords : Soil Stability by Using Grouting

PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu bagian terpenting dalam pembangunan konstruksi sipil, karena berguna sebagai unsur utama pondasi dari suatu bangunan. Salah satu tanah yang kita ketahui adalah tanah lempung. Tanah lempung termasuk jenis tanah yang bersifat kohesif, plastis, dan memiliki kuat dukung yang sangat rendah. Namun untuk daerah tertentu memiliki lapisan perkerasan yang tidak memadai. Misalnya pada lapisan pondasi bawah (subgrade) mempunyai daya dukung yang rendah, sehingga terjadi perubahan volume tanah, oleh karena itu membutuhkan material pendukung.

Jalan Tol seksi IV adalah jalan tol dibangun di kota Makassar yang sebelumnya telah didahului oleh seksi I dan II yang lebih dikenal dengan jalan tol Reformasi oleh PT. Jalan Tol Seksi Empat (JTSE). Jalan tol seksi IV konstruksinya dimulai pada bulan Mei 2007 dengan panjang total 21,92 yang fungsi utamanya sebagai akses utama yang menghubungkan jalan tol seksi I dan II Ke Bandara udara Internasional Sultan Hasanuddin. Kondisi eksisting tanah pada lokasi pekerjaan ini merupakan tanah lempung, yang mempengaruhi kondisi perkerasan jalan oleh sebab itu penanganan perbaikan sangat dibutuhkan mengingat urgensi parasarana jalan tol bagi pengguna jalan di Kota Makassar. Pelaksanaan pekerjaan tanah pada prasarana jalan sangat penting, salah satu lokasi pelaksanaan pekerjaan jalan yang menuntut pemeriksaan dan peningkatan lapisan tanah adalah pembenahan Perkerasan jalan tol seksi IV Makassar. Pekerjaan peningkatan kualitas tanah dasar pada lokasi ini akan memberikan jaminan layanan jalan yang baik dari segi mutu, waktu dan biaya. Perbaikan tanah dasar pada dasarnya merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pekerjaan Perkerasan jalan, sehingga kondisi tanah dasar juga menjadi parameter utama untuk tercapainya kondisi Perkerasan jalan yang baik.

Dari hasil pemeriksaan yang ada, rekomendasi metode perbaikan tanah dasar yang dilakukan adalah grouting dimana metode ini adalah salah satu proses segmentasi untuk meningkatkan stabilitas pada bangunan dan tanah. Teknik grouting dilakukan dengan cara menginjeksikan bahan grouting (semen) ke dalam lubang hasil mesin bor atau retakan suatu konstruksi, tanah dan batuan yang tidak stabil, dengan begitu pori-pori tanah akan terisi dengan bahan grouting.

SOLUSI DAN TARGET

Kondisi tanah pada ruas jalan Tol Seksi IV mengalami penurunan, yang mengakibatkan penurunan pelayanan struktur dari jalan tersebut. Pengabdian ini akan memberikan hasil analisa dan kajian terperinci terhadap solusi perbaikan tanah dasar sehingga penurunan tanah yang terjadi dapat segera diatasi. Dari hasil pemeriksaan dan analisa yang dilakukan terdapat karakteristik dan kondisi tanah eksisting yang kemudian menjadi dasar dalam menangani kondisi penurunan tanah tersebut. Kondisi tanah lempung akan mempengaruhi kondisi konstruksi perkerasan yang ada diatasnya, tanah ekspansif dapat diperkuat dengan menggunakan zat aditif yang berasal dari limbah seperti *Coal Bottom Ash*, *Steel fly Ash*, *Rice Husk Ash*, dan *Coal Ash*. (Putra Utama, 2017).

Pada lokasi pekerjaan jalan tol seksi IV, kondisi tanah ekspansif perlu diatasi dengan baik, karena adanya kondisi kembang susut yang tinggi akibat perubahan kadar air yang berujung pada perubahan volume tanah. Pengaruh kondisi tanah dasar ini sangat berpengaruh pada kondisi lapisan perkerasan dengan indikasi utama dapat terlihat pada perkerasan jalan tol yang mengalami retak di beberapa tempat.

Penanganan kondisi tanah pada lokasi pengabdian dilakukan dengan melakukan perkuatan tanah, dengan metode grouting. Metode grouting ini secara signifikan akan meningkatkan daya dukung tanah, sehingga tanah dasar yang sebelumnya tidak memenuhi spesifikasi selanjutnya akan mempunyai daya dukung yang cukup untuk menerima sejumlah beban dari jalan tol. Dengan

dilakukannya perbaikan tanah dasar yang berupa tanah lempung, akan meningkatkan kekuatan tanah dasar yang ditandai dengan peningkatan Dry Density (γ_d) yaitu pada lapisan pertama yaitu 2,136 gr/cc, pada lapisan kedua yaitu 2,195 gr/cc, pada lapisan ketiga diperoleh 2,217 gr/cc, pada lapisan keempat diperoleh 2,203 gr/cc dan pada lapisan kelima diperoleh 2,183 gr/cc. Kekuatan tanah tersebut akan meningkatkan kekuatan tanah dasar sehingga kondisi jalan dapat menahan beban baik berupa beban mati yang berupa berat material jalan maupun beban lalu lintas yang melewati jalan itu.

METODE PELAKSANAAN

Ruas Jalan Tol Seksi IV mulai dibangun pada Mei 2007 dan diresmikan pada 26 September 2008 oleh Presiden Susilo Bambang Yudhoyono. Jalan tol ini memiliki panjang 11,57 km dengan lebar 2 x 2 x 3,5 meter. Proyek tersebut menghubungkan Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin dengan jalan tol Seksi I dan II sepanjang enam kilometer yang telah beroperasi sejak tahun 1999. Pada tanggal 15 Agustus 2022 Jalan Tol Seksi IV mulai dilakukan rekonstruksi pekerjaan Pembenahan Perkerasan Jalan karena adanya kerusakan jalan yaitu penurunan tanah dasar yang terjadi sepanjang Ruas Jalan Tol Seksi IV. Peta lokasi ruas jalan dapat dilihat pada gambar 1.

Dalam peningkatan daya dukung tanah di ruas jalan tol seksi IV Makassar ini dilakukan pemeriksaan awal mengenai kondisi tanah dan nilai daya dukung tanah. Awal penyelidikan yang dilakukan adalah dengan cara melakukan penyelidikan langsung di lokasi yaitu mengumpulkan data mengenai kondisi awal tanah dan mengumpulkan teori-teori pendukung penelitian meliputi, DCP (Dynamic Cone Penetrometer), Sand Cone dan Proctor Test. DCP dilakukan dengan Pengujian tersebut dilakukan dengan mencatat jumlah pukulan (blow) serta penetrasi dari kerucut logam (konus) yang tertanam di lapisan tanah atau pondasi sebab pengaruh penumbuk. Kemudian dengan memakai persamaan dan grafik, pembacaan nilai penetrometer diganti menjadi nilai yang sama dengan CBR.

Sand Cone dilakukan untuk mengevaluasi hasil kinerja pemadatan lapangan yang ditentukan dalam derajat pemadatan yakni perbandingan antara γ_d lapangan dengan γ_d maks hasil uji coba pemadatan pada laboratorium dalam persentase lapangan. Nilai berat dari isi tanah kering yang didapatkan dari uji coba ini umumnya dipakai untuk mengevaluasi hasil kinerja pemadatan di lapangan yakni perbandingan antara kerucut pasir (γ_d) dengan γ_d hasil uji coba pemadatan pada laboratorium. Proctor Tes merupakan metode pemeriksaan laboratorium untuk menentukan kadar air optimal pada suatu jenis tanah untuk mengukur kepadatan kering maksimum yang dilakukan dengan 2 tipe yaitu standar proctor dan modified proctor. Perbedaan kedua tipe metode diatas adalah pada berat alat dan tinggi jatuh dari penumbukan yang dilakukan. Dari proctor tes akan menghasilkan kurva yang akan menunjukkan berapa nilai akhir dari pemadatan yang dilakukan.

Tahapan kedua dilakukan observasi lapangan untuk meninjau langsung, mencatat keadaan umum yang ada, mengukur, serta melakukan deskripsi singkat terhadap kondisi lokasi penelitian. Tanah di lokasi pengabdian merupakan tanah yang didominasi dengan jenis tanah berupa lempung yang merupakan tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering, bersifat plastis pada kadar air sedang, sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak. Sedangkan lanau ialah tanah berbutir halus yang berukuran lebih kecil dari 0,074 mm (No. 200). Lanau terdiri dari dua jenis yaitu lanau anorganik (inorganik silt) yang merupakan tanah berbutir halus dengan plastisitas kecil mengandung butiran kuarsa sedimen yang kadang di sebut tepung batuan (rockflour) dan tanah lanau organik (organik silt) tanah agak plastis berbutir halus dengan campuran partikel partikel bahan organik terpisah secara halus, warna tanah bervariasi dari abu-abu terang ke abu-abu sangat gelap.

Tanah lempung termasuk jenis tanah yang bersifat kohesif, plastis, dan memiliki kuat dukung yang sangat rendah. sehingga dapat dipastikan daya dukung tanah yang dimiliki juga kecil. Untuk meningkatkan daya dukung tanah tersebut maka perlu dilakukan grouting. Sebelum dilaksanakan grouting, dilakukan observasi bawah permukaan berupa pengujian DCP (Dynamic Cone Penetrometer), Sand Cone dan Proctor Test, sehingga diketahui nilai daya dukung tanah. Pelaksanaan grouting merupakan pekerjaan masukan bahan yang masih dalam keadaan cair untuk perbaikan tanah, dengan cara tekanan, sehingga bahan tersebut akan mengisi semua retak-retak dan lubang-lubang, kemudian setelah beberapa saat bahan tersebut akan mengeras, dan menjadi satu kesatuan dengan tanah yang ada. Beberapa alat diperlukan pada tahap persiapan antara lain, mesin bor, perkakas grouting dan agitator sebagai tempat yang selanjutnya akan dipompa ke dalam rongga struktur beton. Teknik grouting dilakukan dengan cara menginjeksikan bahan grouting (semen) ke dalam lubang hasil mesin bor atau retakan suatu konstruksi, tanah dan batuan yang tidak stabil.

Adapun prosedur yang perlu diperhatikan pada tahap ini adalah pembersihan bagian dalam retakan dengan menggunakan air bersih serta pemasangan sekat-sekat sebagai tanda bagian yang akan di grouting sekaligus sebagai kontrol ketebalan. Dengan begitu pori-pori konstruksi, tanah dan batuan akan terisi dengan bahan semen grout. Pengisian pori-pori tanah dengan bahan grouting akan membatasi daya serap air dalam tanah (permeabilitas) dan memperbaiki faktor-faktor kompresibilitas dan kekuatan tanah atau *ultimate bearing capacity*. Pada tahap akhir sebagai kontrol dilakukan pemeriksaan dengan pengujian tekanan air (Water Pressure Test) untuk mengetahui keberhasilan proses grouting.

Mitra dalam hal ini PT. JTSE memprioritaskan produk jalan yang terbangun memberikan kenyamanan dan keselamatan bagi penggunaannya, oleh sebab itu pemenuhan terhadap kesesuaian mutu dan biaya sangat penting serta pemenuhan terhadap waktu pelaksanaan agar sesuai dengan target yang telah direncanakan sebelumnya. Adanya kondisi tanah dasar yang terjadi memerlukan Kerjasama yang solid antara mitra dan pengabdian, keterlibatan dan kontribusi utama mitra dalam hal ini adalah penyediaan alat, bahan serta data-data sekunder pada lokasi yang mengalami kerusakan dan memerlukan peningkatan tanah dasar. Keterlibatan mitra bukan hanya pada saat pelaksanaan pengabdian saja, namun sampai tahap keberlanjutan program yang telah dilaksanakan. Evaluasi dan keberlanjutan program akan melibatkan mitra.

Kekuatan tanah yang telah ditingkatkan akan berpengaruh pada pengguna lalu lintas, keamanan dan kenyamanan yang merupakan faktor keberhasilan sebuah prasarana jalan akan menjadi tolak ukur utama. Oleh sebab itu keterpanuhan kualitas prasarana yang memenuhi umur layanan perlu untuk selalu dievaluasi melalui program monitoring.

Setelah melakukan kegiatan peningkatan kekuatan tanah dasar pada lokasi jalan tol seksi IV Makassar maka langkah selanjutnya adalah pelaksanaan monitoring dan evaluasi serta keberlanjutan program. Pada umumnya pekerjaan pembangunan prasarana maka ada beberapa tahapan yang akan menjadi jadwal pengendalian sebagai acuan. Tahapan ini dimulai dengan serah terima sementara pekerjaan, pada tahapan ini pengendalian yang dilakukan adalah pemeliharaan berkala dari hasil pelaksanaan program yang telah dilaksanakan. Adapaun kualitas pekerjaan ataupun produk yang dihasilkan harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Tahapan selanjutnya adalah serah terima akhir pekerjaan, jenis evaluasi dan pengendalian yang dilakukan adalah dengan menilai kualitas hasil pengabdian pasca tahap pemeliharaan awal apakah masih sesuai dengan spesifikasi atau tidak. Secara umum penilaian yang dilakukan terhadap produk tersebut antara lain: volume, mutu, gambar pekerjaan dan disertai dokumentasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Hasil Pengujian karakteristik tanah asli diperoleh bahwa tanah tersebut termasuk tanah berbutir halus dengan sifat plastisitas tinggi dimana ukuran butiran dominan adalah fraksi lanau sebesar 41,14%, fraksi pasir 21.73% dan fraksi lempung sebesar 37.13 %.Tabel hasil pengujian *DCP* (*Dynamic Cone Penetrometer*) ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2. Berdasarkan hasil pengujian DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) diperoleh nilai CBR pada titik pertama dengan nilai rata-rata 26,52% dan pada titik kedua diperoleh nilai sebesar 17,39%. Sedangkan tabel hasil pengujian *Sand cone* ditunjukkan pada tabel 3 dan berdasarkan hasil pengujian *Sand Cone* maka didapatkan nilai kepadatan tanah. Tabel dan grafik hasil pengujian pemadatan (Tanah, Base, dan CTB 5%) ditunjukkan pada tabel 5, 6 dan 7. Dari hasil pemeriksaan dan perbaikan tanah dasar yang telah dilakukan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa teknik Grouting yang diterapkan akan meningkatkan kekuatan tanah dasar sesuai dengan ekspektasi awal. Penambahan zat adiktif dalam metode Grouting dapat mengatasi permasalahan tanah ekspansif yang awalnya mempunyai kestabilan yang rendah menjadi tanah yang lebih stabil. Hal ini sejalan dengan salah satu penelitian yang dilakukan menunjukkan nilai beban maksimum yang dapat dipikul oleh tanah sebesar 80,379 kN/m² dengan adanya upaya peningkatan dengan grouting menjadi 347,582kN/m² (eko Indrawati,2022). Semakin tebal lapisan Grouting yang diberlakukan maka akan semakin besar nilai beban maksimum yang dapat dibutuhkan oleh tanah untuk mencapai *ultimate bearing capacity*.

KESIMPULAN

Berdasarkan data dan hasil penelitian dan pengujian di atas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada hasil pengujian *Sand Cone* pada lokasi yang telah dipadatkan diperoleh berat isi kering (*Dry Unit Weight*) sebesar 1.593 gr dan kadar air (*Water Content*) sebesar 20,0%.
2. Berdasarkan hasil pengujian DCP langsung pada lokasi diperoleh nilai CBR (*at the point*) sebesar 26,52% pada titik pertama dan nilai CBR (*at the point*) pada titik kedua sebesar 17,39%.
3. Berdasarkan hasil pengujian pemadatan Base diperoleh dapat disimpulkan bahwa *Dry Density* (γ_d) yaitu pada lapisan pertama yaitu 2.078 gr/cc, pada lapisan kedua yaitu 2.105 gr/cc, pada lapisan ketiga diperoleh 2.121 gr/cc, pada lapisan keempat diperoleh 2.101 gr/cc dan pada lapisan kelima diperoleh 2.074 gr/cc. *Water Content* yang diperoleh yaitu 5.97% pada lapisan pertama, lapisan kedua yaitu 8.22%, lapisan ketiga yaitu 10.15%, pada lapisan keempat yaitu 12.15% dan lapisan kelima sebesar 13.15%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Maximal dari *Dry Density* yaitu 2,117 gr/cc dan Optimum *Water Content* yaitu 9,8%.
4. Berdasarkan hasil pengujian pemadatan CTB diperoleh bahwa *Dry Density* (γ_d) yaitu pada lapisan pertama yaitu 2,136 gr/cc, pada lapisan kedua yaitu 2,195 gr/cc, pada lapisan ketiga diperoleh 2,217 gr/cc, pada lapisan keempat diperoleh 2,203 gr/cc dan pada lapisan kelima diperoleh 2,183 gr/cc. *Water Content* yang diperoleh yaitu 2,14% pada lapisan pertama, lapisan kedua yaitu 4,35%, lapisan ketiga yaitu 6,25%, pada lapisan keempat yaitu 8,21% dan lapisan kelima sebesar 10,38%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Maximal dari *Dry Density* yaitu 2,219 gr/cc dan Optimum *Water Content* yaitu 6,6%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pelaksanaan Pengabdian ini adalah salah satu implementasi ilmu dalam bidang Geoteknik pada disiplin ilmu Teknik Sipil, diharapkan apa yang telah dilakukan akan memberikan manfaat yang banyak bagi mitra pengabdian. Oleh karena itu pengabdian dalam hal ini mengucapkan terima kasih kepada mitra Pengabdian PT. Jalan Tol Seksi IV (JTSE) yang telah bekerja sama sehingga pelaksanaan kegiatan pengabdian ini dapat berjalan dengan baik. Kerjasama ini akan terus terjalin baik dalam evaluasi dan monitoring pada perkuatan tanah dasar jalan tol seksi IV namun juga kegiatan lainnya kedepan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E, 1986, "*Sifat-Sifat Fisis Geoteknis Tanah edisi kedua*", Erlangga, Jakarta.
- Casagrande. 1942. "*Sistem Klasifikasi Unified Soil & Clasification System (USCS)*".
- Dianty Windy Oky., 2018 ;"*Stabilisasi Tanah Lempung dengan Menggunakan Gypsum dan Abu Sekam Padi dengan pengujian CBR dan Kuat Tekan Bebas*" jurnal penelitian, Universitas Sumatera Utara.
- Das, Braja M, Endah Noor, Mochtar, Indrasurya B, 1998, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 2, Penerbit: Erlangga, Jakarta.
- Dwika Made, 2017, "*Pengaruh Perbaikan Tanah Lempung Ekspansif Dengan Metode Deep Soil Mixing Pada Berbagai Kadar Air Lapangan Tanah Asli Terhadap Nilai Cbr Dan Pengembangan*", Malang.
- Grim. RE.,(1959), "*Bentonites, Geology, Minerology, Properties and Uses*", Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New
- Holtz, W.G. & Gibbs, HJ., (1954), "*Engineering Properties of Expansive Clays*", Prog. ASCE, Soil Mechanic Foundation Div. 80 (516).
- Hasoloan H P Sinaga,. 2017.: "*Pengujian Kuat Tekan Bebas Pada Stabiitas Tanah Lempung dengan Campuran Semen dan Abu Cangkan Sawit*" jurnal penelitian, Universitas Sumatera Utara.
- Hardiyatmo, H. C. 1992. *Mekanika Tanah I*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- HOLTZ, R.D. and KOVACS, W.D., (1981), An Introduction to Geotechnical. Engineering, Prentice Hall Engineering and Engineering Mechanic Series.
- Indrawati, Eko, Indarto, Ria Asih, Permadi nanang, 2022, "*Pengaruh Perkuatan Grouting Terhadap Beban Maksimum*", Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas – Vol 6.
- Kezdi, A., (1979), "*Stabilization Earth Roads*", Elvesier Scientific Publishing Company, New York.
- Verhoef, PNW. 1994. Geologi Untuk Teknik Sipil. Erlangga. Jakarta.
- Wesley, L. D. 1977. *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*, Penerbit: Andi, Jakarta
- Mekanika Tanah, Laboratorium. 2014. *Buku Panduan Praktikum Mekanika Tanah*. Universitas Bosowa. Makassar.
- Bowles, Joseph E, 1986, "*Sifat-Sifat Fisis Geoteknis Tanah*" edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
- Casagrande. 1942. Sistem Klsifikasi Unified Soil & Clasification System (USCS).
- Dianty Windy Oky., 2018 ;"*Stabilisasi Tanah Lempung dengan Menggunakan Gypsum dan Abu Sekam Padi dengan pengujian CBR dan Kuat Tekan Bebas*" jurnal penelitian, Universitas Sumatera Utara.
- Das, Braja M, Endah Noor, Mochtar, Indrasurya B, 1998, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 2, Penerbit: Erlangga, Jakarta.
- Grim. RE.,(1959), "*Bentonites, Geology, Minerology, Properties and Uses*", Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New
- Holtz, W.G. & Gibbs, HJ., (1954), "*Engineering Properties of Expansive Clays*", Prog. ASCE, Soil Mechanic Foundation Div. 80 (516).
- Hasoloan H P Sinaga,. 2017.: "*Pengujian Kuat Tekan Bebas Pada Stabiitas Tanah Lempung dengan*

"Campuran Semen dan Abu Cangkan Sawit" jurnal penelitian, Universitas Sumatera Utara.
Hardiyatmo, H. C. 1992. *Mekanika Tanah I*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

LAMPIRAN

Tabel Dan Gambar

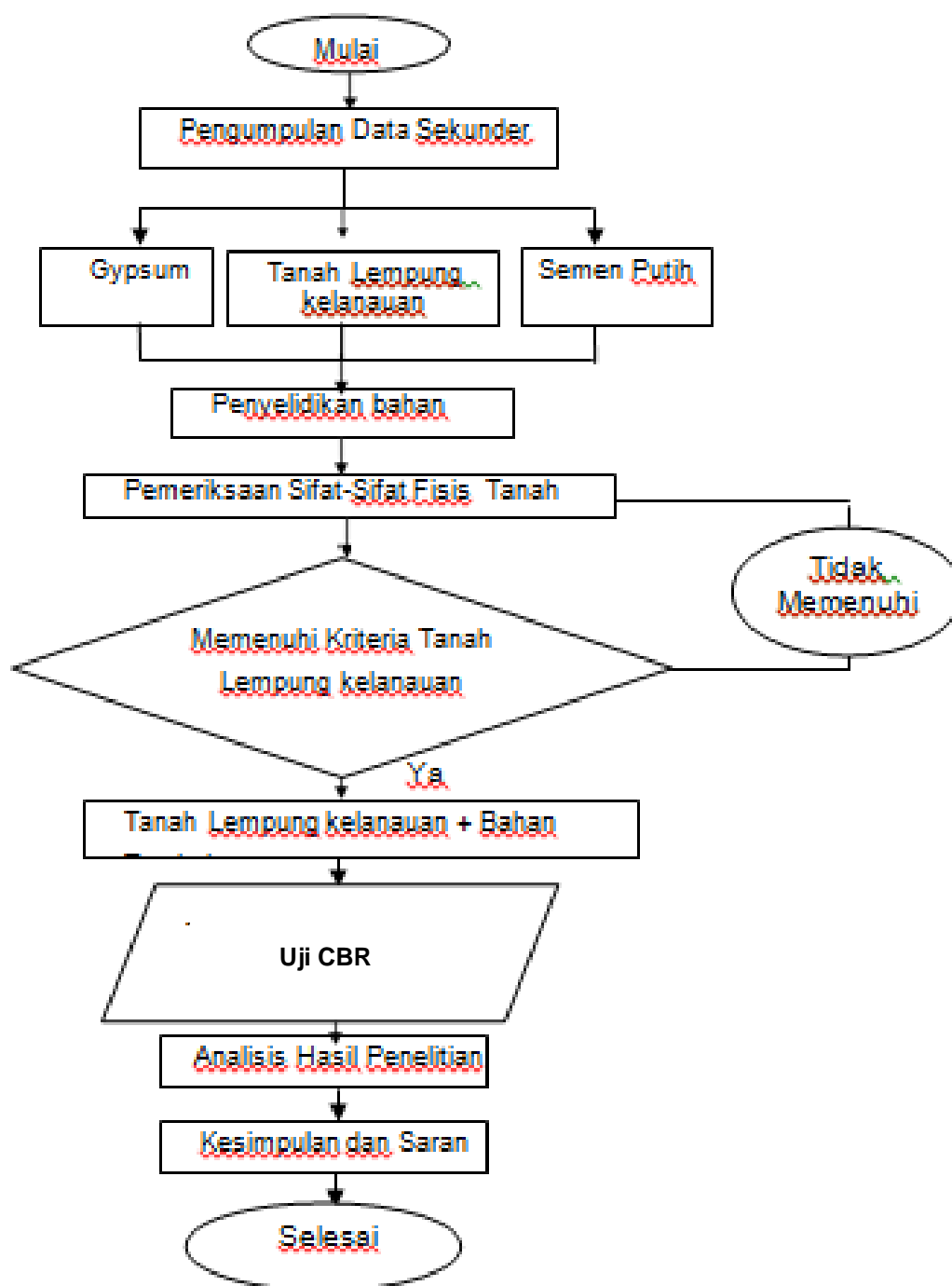


Gambar 1: Peta lokasi

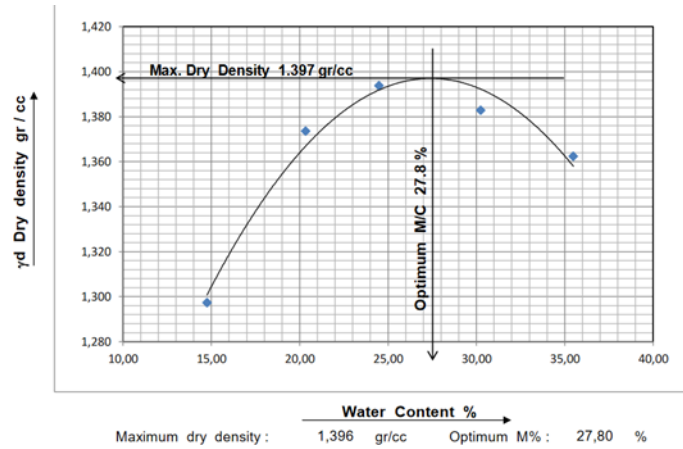




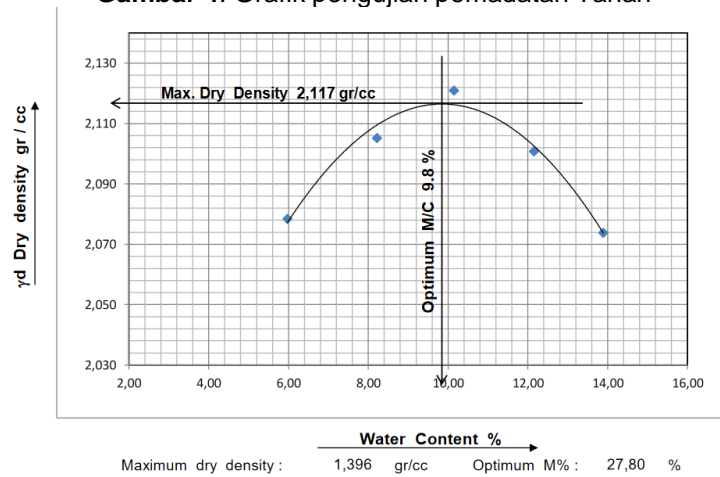
Gambar 2 : Pelaksanaan kegiatan di lokasi



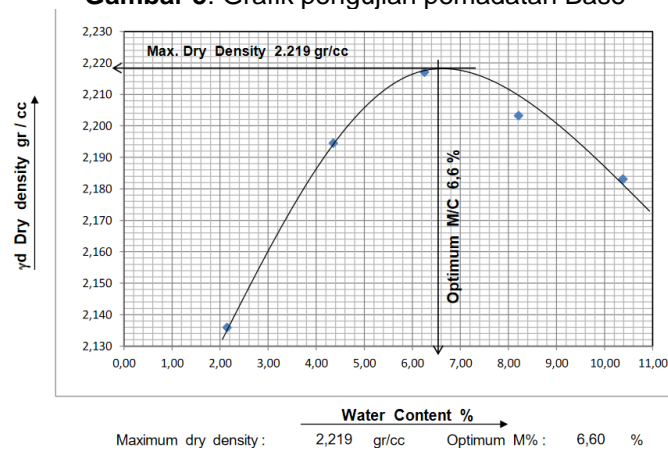
Gambar 3, Bagan alir pelaksanaan



Gambar 4: Grafik pengujian pemadatan Tanah



Gambar 5: Grafik pengujian pemadatan Base



Gambar 6: Grafik pengujian pemadatan CTB 5%

Tabel 1. Hasil Pengujian DCP (Dynamic Cone Penetrometer) Titik Pertama

Blow	CP	DN	CBR	Hi x CBR (1/3)
	0	0	0	0
5	3,1	6,2	54,3	2,42
5	7,9	9,6	33,4	3,09
5	11,5	7,2	48,7	2,63
5	13,2	3,4	130,5	1,72
5	17,0	3,6	45,4	2,71
5	23,5	13,0	22,4	2,60
5	29,0	11,0	27,9	3,34
5	36,5	15,0	18,6	3,47
5	42,0	11,0	27,4	3,34
5	49,2	14,4	19,6	3,88
5	56,0	13,6	21,1	3,76
5	66,7	21,4	11,7	4,85
5	71,5	9,6	33,4	3,09
5	77,0	11,0	27,4	3,34
5	82,0	10,0	31,7	3,16
5	88,0	12,0	24,9	3,51
SUM		176		52,5
CBR *at the point %			25,52	

Tabel 2. Hasil pengujian DCP (Dynamic Cone Penetrometer) Titik Kedua.

Blow	CP	DN	CBR	Hi x CBR (1/3)
	0	0	0	0
5	7,4	14,8	18,9	3,94
5	16,3	17,8	14,8	4,38
5	23,5	14,4	19,6	3,88
5	28,7	10,4	30,1	3,23
5	31,6	5,8	64,7	2,33
5	36,5	9,8	32,5	3,13
5	42,6	12,2	24,4	3,54
5	50,9	16,6	16,3	4,21
5	63,4	25,0	9,5	5,30
5	72,00	17,2	15,5	4,29
5	85,4	26,8	8,7	5,51
5	90,7	10,6	29,3	3,27
SUM		181,4		47,00
CBR *at the point %			17,39	

Tabel 3. Hasil Pengujian Sand Cone

CALIBRATION OF CONE		Botol Plastik		Evrage	
1	Weight of jug + cone	(gr)	663.0	663.0	663.0
2	Weight of full water in jug + cone	(gr)	5537.0	5537.0	5537.0
3	Weight of full sand in jug + cone	(gr)	7833.0	7792.0	7799.0
4	Weight of left sand in jug + cone	(gr)	6168.0	6140.0	6113.0
5	Unit weight of sand	(gr)	1.471	1.463	1.464
6	Weight of sand in cone	(gr)	1665.0	1652.0	1686.0
1667.7					
FIELD TEST :					
STA :					
	Items	Unit			
7	Weight of sand in jug + cone before used	(gr)	5788		
8	Weight of sand in jug + cone after used	(gr)	1648		
9	Weight of sand used (in hole + cone) (7-6)	(gr)	4040		
10	Weight of sand in hole (9-6)	(gr)	2422.3		
11	Volume of hole (10/5)	(gr)	1652.3		
12	Weight of soil + can	(gr)	3140		
13	Weight of can	(gr)	0		
14	Weight of soil (12-13)	(gr)	3140		
15	Wet Density (14/11)	(gr)	1.900		
16	Water content (25)	(gr)	120.0		
17	Dry Unit Weight 15/(100+16)	(gr)	1.593		
18	Lab Density	(gr)	1.396		
19	Relative Compaction	(gr)	113.4		
WATER CONTENT DETERMINATION					
20	Weight of wet soil + can	(gr)	77		
21	Weight of dry soil + can	(gr)	73		
22	Weight of can	(gr)	53		
23	Volume of water (20-21)	(gr)	4		
24	Weight of dry soil (21-22)	(gr)	20		
25	Water content (23/24)	(gr)	20.0		

Tabel 4. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah

Volume of mold: 912,90 cm ³		Mold No: A		Number of blows		25
				Number of layer		3
DENSITY	Description	Unit	1	2	3	4
	Added water	cc	50,2	75,4	164,0	217,0
	Wt of mold + sample	gr	3.140	3.290	3.365	3.425
	Weight of mold	gr	1.781	1.781	1.781	1.781
	Wt compacted sample	gr	1.359	1.509	1.584	1.644
	Wet density	gr/cc	1,489	1,653	1,735	1,801
MOISTURE CONTENT	Dry density <i>yd</i>	gr/cc	1,297	1,374	1,394	1,383
	Description	Unit	1	2	3	4
	Container No	-	1	2	3	4
	Wt wet spl + container	gr	70,0	71,0	61,0	56,0
	Wt dry spl + container	gr	61,0	59,0	49,0	43,0
	Wt of container	gr	0,0	0,0	0,0	0,0
	Wt of water Ww	gr	9,0	12,0	12,0	13,0
	Wt of dry sample Ws	gr	61,0	59,0	49,0	43,0
	Water container	W%	14,75	20,34	24,49	30,23
						35,48

Tabel 5. Hasil Pengujian Pemadatan Base

Table 3: Hasil Pengujian Pemadatan Basa							25	
Volume of mold: 912,90 cm ³		Mold No: A		Number of blows			3	
				Number of layer				
DENSITY	Description	Unit	1	2	3	4	5	6
	Added water	cc	50,2	75,4	164,0	217,0	240,0	
	Wt of mold + sample	gr	3.140	3.290	3.365	3.425	3.466	
	Weight of mold	gr	1.781	1.781	1.781	1.781	1.781	
	Wt compacted sample	gr	1.359	1.509	1.584	1.644	1.685	
	Wet density	gr/cc	1,489	1,653	1,735	1,801	1,846	
	Dry density <i>γ_d</i>	gr/cc	1,297	1,374	1,394	1,383	1,362	
MOISTURE CONTENT	Description	Unit	1	2	3	4	5	6
	Container No	-	1	2	3	4	5	
	Wt wet spl + container	gr	70,0	71,0	61,0	56,0	84,0	
	Wt dry spl + container	gr	61,0	59,0	49,0	43,0	62,0	
	Wt of container	gr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Wt of water Ww	gr	9,0	12,0	12,0	13,0	22,0	
	Wt of dry sample Ws	gr	61,0	59,0	49,0	43,0	62,0	
	Water container	W%	14.75	20.34	24.49	30.23	35.48	

Tabel 6. Hasil Pengujian Pemadatan CTB 5%

Volume of mold:		2.103,85 cm ³		Mold No:		A		Number of blows		55
								Number of layer		5
DENSITY	Description	Unit	1	2	3	4	5	6		
	Added water	cc	0	138,5	289,6	243,4	558,1			
	Wt of mold + sample	gr	7.254,0	7.482,0	7.620,0	7.680,0	7.734,0			
	Weight of mold	gr	2.664,0	2.664,0	2.664,0	2.664,0	2.664,0			
	Wt compacted sample	gr	4.590,0	4.818,0	4.956,0	5.016,0	5.070,0			
	Wet density	gr/cc	2,182	2,290	2,356	2,384	2,410			
	Dry density <i>γ_d</i>	gr/cc	2,136	2,195	2,217	2,203	2,183			
MOISTURE CONTENT	Description	Unit	1	2	3	4	5	6		
	Container No	-	1	2	3	4	5			
	Wt wet spl + container	gr	811,0	815,0	748,0	817,0	776,0			
	Wt dry spl + container	gr	794,0	781,0	704,0	755,0	703,0			
	Wt of container	gr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	Wt of water Ww	gr	17,0	34,0	44,0	62,0	73,0			
	Wt of dry sample Ws	gr	794,0	781,0	704,0	755,0	703,0			
	Water container	W%	2,14	4,35	6,25	8,21	10,38			