

# **STABILISASI TANAH UNTUK PERKERASAN JALAN**

**EDISI KEDUA**

**Hary Christady Hardiyatmo**



GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucap syukur Alhamdulillah dan atas berkat rahmat serta hidayah Allah S.W.T., buku “**Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan**” edisi ke-2 ini dapat disusun.

Dalam pembangunan perkerasan jalan, sering ditemui tanah dasar atau material di sekitar lokasi proyek tidak memenuhi syarat bila digunakan untuk pembangunan perkerasan jalan. Salah satu cara untuk menangani masalah ini, adalah dengan melakukan stabilisasi tanah. Karena banyaknya tanah-tanah bermasalah di beberapa daerah di Indonesia, maka pemahaman mengenai stabilisasi tanah menjadi sangat penting dipelajari oleh para ahli-ahli geoteknik maupun para praktisi jalan. Dalam buku edisi ke-2 ini, permasalahan yang dibahas masih sama hanya terdapat penyempurnaan pembahasan yang terkait dengan pemadatan. Buku yang terdiri dari delapan bab ini, pada Bab I membahas tentang definisi, maksud dan tujuan stabilisasi tanah. Bab II membahas tentang cara-cara pemilihan bahan-tambah untuk stabilisasi. Bab III, IV, V dan VI berturut-turut membahas tentang stabilisasi tanah-semen, tanah-kapur, tanah-abu-terbang dan tanah-aspal. Masalah pemadatan dipelajari dalam Bab VII dan Bab VIII membahas tentang stabilisasi mekanis. Buku ini sudah diusahakan sebaik mungkin penyajiannya, namun penulis percaya masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki. Untuk itu, kritik dan saran membangun dari para pembaca sangat diharapkan.

Ucapan terima kasih ditujukan kepada: Tri Wibowo Kadarusman. S.T, atas bantuan dalam persiapan naskah buku. Akhirnya, terima kasih yang sebesar-besarnya juga ditujukan kepada isteriku: Dra. Isminarti Rusmiyati dan anak-anakku: M. Kammagama Harismina, S.Psi. M.Psi, Egha Muhammad Harismina, ST dan Merlangen Enfani Harismina, S.Arc, MBA.

Yogyakarta, Maret 2022

Hary Christady Hardiyatmo

# DAFTAR ISI

<b>PENGANTAR</b> .....	v
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>BAB I – STABILISASI TANAH</b> .....	1
1.1 Pendahuluan .....	1
1.2 Stabilisasi Tanah Untuk Pembangunan Jalan .....	2
1.3 Tipe-tipe Stabilisasi .....	3
1.3.1 Stabilisasi Mekanis .....	3
1.3.2 Stabilisasi Dengan Menggunakan Bahan-Tambah .	5
1.4 Modifikasi Tanah .....	6
1.5 Stabilisasi Tanah .....	6
<b>BAB II – PEMILIHAN BAHAN TAMBAH</b> .....	7
2.1 Pendahuluan .....	7
2.2 Pertimbangan Pemilihan Bahan-Tambah .....	7
2.3 Metode Pemilihan Bahan-Tambah .....	7
2.3.1 Alaska Department of Transportation and Public Facilities Research & Technology Transfer .....	8
2.3.2 Ingles dan Metcalf (1972) .....	9
2.3.3 Department of the Army and the Air Forces .....	10
2.3.4 Indiana Department of Transportations .....	13
2.4 Faktor-faktor yang Perlu Diperhatikan .....	15
2.4.1 Iklim .....	15
2.4.2 Uji Laboratorium .....	15
2.4.3 Ketersediaan Biaya, Alat, Personil dan Bahan .....	15

<b>BAB III – STABILISASI TANAH-SEMEN</b> .....	17
3.1 Pendahuluan .....	17
3.2 Modifikasi Dan Stabilisasi Tanah-Semen .....	18
3.3 Bahan .....	19
3.3.1 Tanah .....	19
3.3.1.1 Tanah Mengandung Bahan Organik .....	20
3.3.1.2 Tanah Mengandung Sulfat .....	21
3.3.2 Semen .....	22
3.3.3 Air .....	24
3.4 Waktu Ikatan .....	25
3.5 Mekanisme .....	26
3.6 Sifat-sifat Tipikal Campuran Tanah-Semen .....	27
3.7 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Sifat-sifat Campuran Tanah-Semen .....	29
3.7.1 Pengaruh Macam Tanah .....	30
3.7.2 Pengaruh Ukuran Butiran Saat Pelaksanaan .....	33
3.7.3 Pengaruh Kadar Semen .....	34
3.7.4 Pengaruh Kepadatan .....	37
3.7.5 Pengaruh Penundaan Pematatan .....	38
3.7.6 Pengaruh Waktu Pemeraman .....	39
3.7.7 Pengaruh Temperatur Pemeraman .....	42
3.7.8 Pengaruh Kadar Air .....	43
3.7.9 Pengaruh Rendaman .....	44
3.7.10 Retak Susut .....	44
3.7.11 Tegangan-regangan .....	46
3.7.12 Pengaruh Kelelahan ( <i>Fatigue</i> ) .....	47
3.7.13 Pengaruh Bahan-tambah .....	47
3.8 Perancangan Campuran .....	49
3.8.1 Kriteria .....	49
3.8.2 Pemilihan Kadar Semen .....	57
3.8.3 Perancangan Kadar Semen Menurut SNI 03-3438-1994 .....	62
3.8.4 Kadar Semen Untuk Memodifikasi Tanah .....	66
3.8 Uji Laboratorium .....	66
3.10 Pelaksanaan Di Lapangan .....	76

3.11	Pengendalian Mutu .....	80
3.11.1	Kontrol Kepadatan Di Lapangan .....	81
3.11.2	Penentuan Kadar Air .....	81
3.11.3	Uji Kuat Tekan .....	81
3.11.4	Tegangan-regangan .....	83
3.12	Kinerja Campuran Tanah-Semen .....	83
<b>BAB IV – STABILISASI TANAH-KAPUR.....</b>		<b>84</b>
4.1	Pendahuluan .....	84
4.2	Tipe-tipe Kapur .....	85
4.1	Sifat-sifat Kapur .....	87
4.4	Reaksi Tanah-Kapur .....	88
4.5	Tujuan Stabilisasi Tanah-Kapur .....	90
4.5.1	Kapur Memodifikasi Tanah .....	90
4.5.2	Kapur Untuk Memperkuat Tanah .....	91
4.6	Kecocokan Bahan Campuran .....	92
4.6.1	Tanah Berbutir Halus .....	92
4.6.2	Pasir .....	92
4.6.3	Kerikil dan Campuran Kerikil .....	93
4.6.4	Air .....	93
4.7	Sifat-sifat Campuran Tanah-Kapur .....	94
4.7.1	Penundaan Waktu Pematatan .....	95
4.7.2	Kadar Air Optimum dan Berat Volume Kering Maksimum.....	97
4.7.3	Plastisitas dan Kemudahan Dikerjakan .....	97
4.7.4	Kembang-susut .....	100
4.7.5	Kekuatan .....	101
4.7.5.1	Tanpa Pemeraman.....	103
4.7.5.2	Dengan Pemeraman .....	104
4.7.6	Karakteristik Tegangan-regangan .....	108
4.7.7	Karakteristik Kelelahan .....	109
4.7.8	Daya Tahan .....	110
4.8	Kriteria Perancangan Campuran .....	112
4.9	Perancangan Campuran .....	114
4.9.1	Produser SNI 03-3437-1994 .....	116
4.9.2	Prosedur Eades dan Grim (1966) .....	118

4.9.3	Prosedur State Department of Highways and Public Transportation Texas .....	121
4.9.4	Prosedur Illinois .....	123
4.9.5	Prosedur Department of The Army and the Air Force .....	125
4.10	Pengujian di Laboratorium .....	127
4.10.1	Persiapan Campuran Tanah-Kapur .....	128
4.10.2	Persiapan Benda Uji .....	128
4.10.3	Waktu Pemeraman .....	128
4.10.4	Uji Laboratorium .....	129
4.11	Aplikasi di Lapangan .....	129
4.12	Metode Pencampuran .....	130
4.12.1	Pencampuran di Tempat .....	131
4.12.2	Pencampuran di Pabrik .....	132
4.12.3	Injeksi Tekan .....	133
4.13	Pelaksanaan di Lapangan .....	133
4.13.1	Pekerjaan Persiapan Tanah .....	133
4.13.2	Persiapan Kapur .....	134
4.13.3	Pemadatan .....	136
4.13.4	Perawatan .....	136
4.13.5	Cara Pelaksanaan Menurut SNI 03-3437-1994 ....	137
4.13.6	Kontrol Kualitas ( <i>Qualitas Control</i> ) .....	138
4.14	Stabilisasi Kapur untuk Pemeliharaan Jalan .....	140
4.15	Stabilisasi Tanah-Kapur pada Jenis Tanah yang Kurang Mengandung Bahan Pozzolan .....	141
<b>BAB V – STABILISASI TANAH-ASPAL .....</b>		<b>142</b>
5.1	Pendahuluan .....	142
5.2	Tipe-tipe Stabilisasi Aspal .....	142
5.3	Bahan .....	143
5.3.1	Aspal .....	143
5.3.2	Tanah .....	147
5.3.3	Air .....	151
5.3.4	Garam .....	152

5.4	Sifat-sfat Campuran Tanah-Aspal .....	152
5.4.1	Kepadatan Maksimum dan Kadar Air Optimum ....	152
5.4.2	Pengaruh Kadar Aspal terhadap Kuat Tekan Bebas .....	152
5.4.3	Pengaruh Temperatur terhadap CBR Lapangan .....	154
5.4.4	Pengaruh Kadar Aspal terhadap Penyerapan Air ...	154
5.5	Perancangan Kadar Aspal .....	157
5.6	Kriteria .....	162
5.7	Uji Laboratorium .....	162
5.7.1	Uji <i>Modified Hubbard Field</i> .....	164
5.7.2	Uji Penetrometer Kerucut .....	165
5.7.3	Uji <i>Modified Florida Bearing Value</i> .....	166
5.8	Pelaksanaan di Lapangan .....	167
5.8.1	Stabilisasi dengan Semen Aspal Panas .....	167
5.8.2	Stabilisasi dengan Aspal Cair .....	167
5.8.3	Pemadatan .....	169
5.9	Faktor-faktor yang perlu Diperhatikan .....	170
<b>BAB VI – STABILISASI TANAH-ABU-TERBANG .....</b>		<b>171</b>
6.1	Pendahuluan .....	171
6.1	Tipe-tipe Abu-Terbang .....	171
6.2.1	Abu-Terbang <i>Self-cementing dan Non Self-cementing</i> .....	171
6.2.2	Abu-Terbang Terhidrasi dan Abu-Terbang Terkondisi .....	172
6.3	Sifat-sifat Abu-Terbang .....	173
6.4	Klasifikasi Abu-Terbang .....	174
6.5	Sifat-sifat Campuran Tanah-Abu-Terbang .....	175
6.5.1	Modifikasi Plastisitas dan Pengembangan .....	175
6.5.2	Hubungan Kadar Air dan Kepadatan .....	177
6.5.3	Kekuatan .....	179
6.6	Pelaksanaan Stabilisasi .....	181
6.6.1	Lokasi Pencampuran .....	181
6.6.2	Penghamparan Abu-Terbang .....	181
6.6.3	Pemberian Air .....	182

6.6.4	Pemadatan di Lapangan .....	182
6.6.5	Perawatan .....	183
6.7	Stabilisasi Kapur-Semen-Abu-Terbang .....	184
6.8	Hal-hal yang perlu Diperhatikan .....	184
<b>BAB VII – PEMADATAN .....</b>		<b>186</b>
7.1	Pendahuluan .....	186
7.2	Hubungan Berat Volume Kering dan Kadar Air .....	187
7.3	Uji Pemadatan di Laboratorium .....	188
7.3.1	Nilai-nilai Kisaran Berat Volume Kering Maksimum dan Kadar Air Optimum .....	192
7.3.2	Kemungkinan Kesalahan dalam Uji Pemadatan ....	194
7.4	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Hasil Pemadatan .....	195
7.4.1	Berat Volume Kering Awal .....	195
7.4.2	Pengaruh Kadar Air .....	196
7.4.3	Pengaruh Usaha Pemadatan .....	196
7.4.4	Pengaruh Jenis Tanah .....	198
7.5	Tipe-tipe Alat Pematat di Lapangan .....	203
7.6	Variabel yang Mempengaruhi Hasil Pemadatan Tanah di Lapangan .....	207
7.6.1	Pengaruh Jenis Tanah .....	208
7.6.2	Pengaruh Tipe Mesin Pematat.....	209
7.6.3	Pengaruh Prosedur Pelaksanaan .....	212
7.7	Persyaratan Pemadatan Tanah di Lapangan .....	214
7.7.1	Spesifikasi Pemadatan .....	217
7.7.2	Variasi Hasil Pemadatan .....	219
7.7.3	Percobaan Pemadatan di Lapangan .....	220
7.8	Parameter Kontrol Hasil Pemadatan .....	221
7.8.1	Kepadatan di Tempat Setelah Dipadatkan .....	223
7.8.2	Kadar Air di Tempat .....	223
7.8.3	Kekuatan Tanah Setelah Dipadatkan .....	224
7.8.4	Permeabilitas Tanah Setelah Dipadatkan .....	224
7.9	Pengukuran Kepadatan di Lapangan .....	225
7.9.1	Metode Kerucut Pasir ( <i>Sand Cone Method</i> ) .....	227
7.9.2	Metode Balon Karet ( <i>Rubber Ballon Method</i> ) .....	229
7.9.3	Metode Nuklir .....	231



7.9.4 Metode Pemotong Inti ( <i>Core Cutter Method</i> ) .....	232
7.9.5 Perbandingan Hasil Pengukuran Kepadatan Dari Beberapa Metode .....	234
7.10 Pengaruh Berat Mesin Pematad .....	235
7.11 Pematadatan di Atas Tanah Lunak .....	236
7.12 Pemilihan Derajat Kepadatan Timbunan .....	239
7.13 Masalah Penting Dalam Pekerjaan Pematadatan .....	241
7.13.1 Fungsi Timbunan Sebagai Pendukung Bangunan ..	241
7.13.2 Prosedur Pematadatan Timbunan .....	242
7.13.3 Akibat Pematadatan Buruk pada Timbunan .....	243
7.13.4 Pematadatan pada Kadar Air Tinggi .....	244
7.13.5 Timbulnya Alur-alur Saat Operasi Pematadatan .....	246
<b>BAB VIII – STABILISASI MEKANIS</b> .....	247
8.1 Pendahuluan .....	247
8.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi .....	248
8.3 Kriteria Perancangan .....	251
8.3.1 Gradasi Butiran dan Plastisitas .....	251
8.3.2 Kekuatan .....	255
8.4 Perancangan Campuran .....	255
8.5 Metode Pelaksanaan .....	259
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	260
<b>TABEL KONVERSI</b> .....	268
<b>TENTANG PENULIS</b> .....	272

