

**DISERTASI**

**PERILAKU TIMBUNAN TANAH KERUKAN-KARET SERUT  
YANG DISTABILISASI DENGAN MINERAL ALAMI  
SEBAGAI LAPIS FONDASI JALAN**

*The Behavior of Dredged Soil-Shredded Rubber Embankment  
Stabilized with Natural Minerals as a Road Foundation Layer*

**KOMANG ARYA UTAMA**

**D013191006**



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU TEKNIK SIPIL**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2023**

**PENGAJUAN DISERTASI**

**PERILAKU TIMBUNAN TANAH KERUKAN-KARET SERUT  
YANG DISTABILISASI DENGAN MINERAL ALAMI  
SEBAGAI LAPIS FONDASI JALAN**

Disertasi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Doktor  
Program Studi Ilmu Teknik Sipil

Disusun dan diajukan Oleh

**KOMANG ARYA UTAMA  
D013191006**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

**DISERTASI**

**PERILAKU TIMBUNAN TANAH KERUKAN –KARET SERUT YANG  
DISTABILISASI DENGAN MINERAL ALAMI SEBAGAI LAPIS  
FONDASI JALAN**

**KOMANG ARYA UTAMA  
D013191006**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Disertasi yang dibentuk  
dalam rangka penyelesaian studi pada Program Doktor Ilmu Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 23 Agustus 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,  
Promotor



**Prof. Dr.Eng. Ir. Tri Harianto, ST., MT**

NIP. 1972030920000331002

Co-Promotor



**Ir. Achmad Bakri Muhiddin, M.Sc., Ph.D.**

NIP. 196007301986031003

Co-Promotor



**Dr.Eng. Ir. Ardy arsyad, ST., M.Eng.Sc**

NIP. 197607072005011002

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



**Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST. MT. IPM**

NIP. 197309262000121002

Ketua Program Studi  
S3 Ilmu Teknik Sipil



**Prof. Dr.Eng. Ir. Rita Irmawaty, ST, MT**

NIP. 197206192000122001

**PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI  
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Komang Arya Utama  
Nomor mahasiswa : D013191006  
Program studi : S3 Ilmu Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa, disertasi berjudul "Perilaku Timbunan Tanah Kerukan-Karet Serut yang Distabilisasi dengan Mineral Alami sebagai Lapis Fondasi Jalan" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Prof. Dr. Eng. Ir. Tri Harianto, ST., M.T., sebagai Promotor, Ir. Achmad Bakri Muhiddin, M.Sc, Ph.D., sebagai co-promotor-1 dan Dr. Eng. Ir. Ardy Arsyad, S.T., M.Eng., sebagai co-promotor-2. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka disertasi ini. Sebagian dari isi disertasi ini telah dipublikasikan di *4<sup>th</sup> International Conference on Civil and Environmental Engineering, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 1117, pp. 1-7, doi: 10.1088/1755-1315/1117/1/012007* sebagai artikel dengan judul "Mechanical properties of dredged soil reinforced with natural pozzolan and shredded tires" dan di *Civil Engineering Journal (C.E.J), Vol. 9 No. 5, pp. 1256 - 1270 doi: 10.28991/CEJ-2023-09-05-016* sebagai artikel dengan judul "The Behavior of Dredged Soil-Shredded Rubber Embankment Stabilized with Natural Minerals as a Road Foundation Layer".

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa disertasi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 4 Agustus 2023

ig menyatakan  
  
Komang Arya Utama

## PRAKATA

***Bismillaahirrahmaanirrahiim***

***Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh***

Segala pujian bagi Allah, SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, kesehatan, kesabaran serta kekuatan lahir dan batin, sehingga kami bisa menyelesaikan penyusunan disertasi ini dengan baik.

Disertasi ini disusun dengan landasan pemikiran terkait pemanfaatan material tanah hasil kerukan bendungan agar dapat digunakan, utamanya sebagai timbunan fondasi jalan. Guna memenuhi persyaratan teknis geoteknik timbunan fondasi jalan, serta sekaligus sebagai usaha ramah lingkungan dalam pemanfaatan sumberdaya mineral/pozolan alami (tras) dan limbah serutan ban bekas, maka dilakukan usaha stabilisasi sebagai usaha peningkatan sifat geoteknis tanah kerukan tersebut. Disertasi yang berjudul "Perilaku Timbunan Tanah Kerukan-Karet Serut yang Distabilisasi dengan Mineral Alami sebagai Lapis Fondasi Jalan" diharapkan dapat memberikan kontribusi ide dan inovasi dalam ilmu pengetahuan, khususnya di bidang rekayasa geoteknik dan konstruksi jalan.

Terwujudnya disertasi ini dan selesainya pendidikan jenjang doktoral (S3) yang telah ditempuh penulis selama ini, tentunya tidak terlepas dari dukungan, dorongan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya, semoga Allah SWT memberikan balasan pahala yang berlipat ganda, aamiin, kepada yang terhormat Bapak Prof. Dr.

Eng. Ir. Tri Harianto, S.T, M.T sebagai promotor dan Bapak Ir. Achmad Bakri Muhiddin, M.Sc, Ph.D sebagai co-promotor I serta Bapak Dr. Eng. Ir. Ardy Arsyad, S.T., M.Eng sebagai co-promotor II atas segala bimbingan, arahan dan masukan ide penelitian serta topik permasalahan hingga pada tahap pelaksanaan penelitian dan penyusunan disertasi ini.

Terima kasih juga kami sampaikan kepada seluruh teman-teman mahasiswa S3 Ilmu Teknik Sipil Unhas angkatan 2019, rekan-rekan mahasiswa konsentrasi Geoteknik serta para laboran dan asisten di Laboratorium Geoteknik dan Lingkungan Departemen Teknik Sipil Unhas.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya juga kami sampaikan kepada ayahanda kami tercinta Nyoman Wijana (alm) dan ibunda kami tercinta Sri'ah Al Harini (alm) atas cinta dan doa yang tak putus-putus kepada kami anaknya, saudara-saudara dan keluarga kami. Terkhusus untuk isteri saya yang tercinta dan tersayang Reny Khairina Damayanti, ananda Emirsyah Razava El-Siraji dan ananda Zhafira Luthfia Izzatunnisa, terima kasih banyak atas do'a, dukungan, kesabaran dan pengorbanannya.

Kami menyadari bahwa disertasi ini masih jauh dari sempurna, karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan kami. Namun demikian kami berharap semoga disertasi ini dapat memberikan manfaat kepada kemaslahatan umat dan peradaban.

***Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh***

Hormat kami,

**Komang Arya Utama**

## ABSTRAK

**KOMANG ARYA UTAMA.** *Perilaku Timbunan Tanah Kerukan-Karet Serut yang Distabilisasi dengan Mineral Alami sebagai Lapis Fondasi Jalan.* (dibimbing oleh **Tri Harianto, Achmad Bakri Muhiddin, Ardy Arsyad**)

Potensi jumlah tanah kerukan (*dredged soil*) sangat melimpah. Namun untuk bisa dimanfaatkan, maka tanah ini masih perlu direkayasa untuk memperbaiki sifat geotekniknya. Upaya perbaikan sifat geoteknik dengan menambahkan karet serut sebagai bahan penguat dan usaha stabilisasi menggunakan mineral pozolan alami dapat menjadi pilihan yang inovatif. Penelitian ini bertujuan untuk menguji sifat-sifat mekanis tanah kerukan; mengevaluasi perilaku *desiccation crack* dan mengembangkan model timbunan tanah kerukan-karet serut yang memiliki stabilitas dan daya dukung yang tinggi sebagai lapisan pondasi jalan. Material penelitian ini adalah tanah kerukan Bendungan Bilibili, karet serut dan mineral alami berupa Tras Lompoto'o dari Provinsi Gorontalo. Semua prosedur pengujian mengikuti standar pengujian ASTM untuk memastikan keseragaman dan standarisasi hasil. Proporsi karet serutan yang digunakan adalah 2% - 5% sedangkan komposisi tras adalah 3% - 12%, keduanya terhadap berat kering tanah. Mineralogi material diuji dengan X-RD dan X-RF. Uji *desiccation crack* dilakukan dengan cara mengeringkan sampel di bawah sinar matahari. Uji model fisik skala laboratorium dilakukan untuk menguji perilaku timbunan di bawah pembebanan plat strip. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah kerukan ini tergolong sebagai tanah lanau berplastisitas rendah (ML). Nilai UCS tanah kerukan yang distabilisasi meningkat 2,5 - 4,2 kali lipat. Hasil uji parameter kuat geser tanah yang distabilisasi menunjukkan peningkatan sebesar 23% - 83% untuk nilai kohesi dan 23% - 94% untuk sudut geser internal. Selanjutnya, terjadi peningkatan sebesar 2,9 kali untuk CBR *unsoaked* dan 2,5 kali untuk CBR *soaked*. Pada uji *desiccation crack*, terlihat bahwa kinerja karet sebagai serat bekerja secara optimal dengan nilai *Crack Intensity Factor* (CIF) bernilai nol untuk campuran tanah-karet 2% dan nilai CIF 0,29% untuk tanah campuran karet 2% dan tras 9%. Terakhir, uji model fisik laboratorium menunjukkan bahwa kinerja timbunan *sub-base* tanah keruk stabilisasi 1,8 - 2,2 kali lebih baik daripada timbunan *sub-base* sirtu standar.

**Kata kunci:** *Tanah kerukan, mineral alami, Tras Lompoto'o, karet serut.*

## ABSTRACT

**KOMANG ARYA UTAMA.** *The Behavior of Dredged Soil-Shredded Rubber Embankment Stabilized with Natural Minerals as a Road Foundation Layer* (supervised by: **Tri Harianto, Achmad Bakri Muhiddin, Ardy Arsyad**)

*The availability of dredged soil is abundant, but it must be engineered to improve its geotechnical properties. Adding shredded rubber as reinforcement and natural pozzolanic minerals as stabilization agents can be an innovative option. This research aims to evaluate the mechanical properties of dredged soil, i.e., UCS, shear strength, and CBR; analyze desiccation crack behavior and develop a dredged soil-shredded rubber embankment model that has high stability and bearing capacity to be used as a road foundation layer. This research uses Bilibili Dam dredged soil, shredded rubber, and Lompoto'o Trass as natural minerals from Gorontalo Province. All testing procedures followed the ASTM testing standards to ensure consistency and standardization of results. The proportion of shredded rubber used was 2% - 5%, while the trass was 3% - 12% by dry weight. The mineralogy of the material was tested through X-RD and X-RF testing. The desiccation crack was tested by drying the samples under the sunshine. Physical models were conducted to examine the behavior of the embankment under strip plate loading. The results showed that the dredged soil was categorized as low plasticity silt (ML). The UCS was increased by 2.5 - 4.2 times. The shear strength parameters showed an increase of 23% - 83% for the cohesion and 23% - 94% for the internal shear angle. Furthermore, there was an increase of 2.9 times for unsoaked CBR and 2.5 times for soaked CBR. Then, for the desiccation crack test, it can be seen that the performance of shredded rubber as a fiber works optimally with a Crack Intensity Factor (CIF) is zero for a 2% rubber-soil mixture and a CIF value is 0.29% for a 2% rubber and 9% trass mixture soil. Finally, physical model tests showed that the performance of the stabilized dredged soil as a sub-base embankment was better at 1.8 – 2.2 times than the sand-gravel standard sub-base embankment.*

**Keywords:** *Dredged soil, natural minerals, Lompoto'o Trass, shredded rubber*



## DAFTAR ISI

DISERTASI.....	i
PENGAJUAN DISERTASI .....	ii
PERSETUJUAN DISERTASI .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI .....	iv
PRAKATA .....	v
ABSTRAK .....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	6
C. Tujuan Penelitian .....	6
D. Manfaat Penelitian.....	7
E. Batasan Penelitian .....	7
F. Sistematika Penulisan .....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	10
A. Tanah Kerukan.....	10

A.1. Umum .....	10
A.2. Tanah kerukan .....	11
A.3. Klasifikasi teknis tanah.....	13
A.4. Tanah kerukan Bendungan Bilibili .....	13
B. Stabilisasi Tanah .....	15
B.1. Stabilisasi tanah.....	15
B.2. Stabilisasi tanah dengan bahan pozolan.....	17
B.3. Perbaikan tanah dengan penambahan serutan ban bekas ...	21
C. Landasan Teori Timbunan Tanah-Karet Serut.....	22
C.1. Timbunan tanah untuk jalan .....	22
C.2. Klasifikasi timbunan dalam pekerjaan konstruksi .....	23
C.3. Permasalahan dan penanganan kerusakan timbunan pada jalan	24
C.4. Pemanfaatan timbunan tanah kerukan-karet serut.....	25
C.5. Perilaku tanah kerukan yang distabilisasi dengan tras dan diperkuat dengan serutan ban bekas .....	25
D. Matriks Penelitian Terdahulu .....	27
E. Kerangka Pikir Penelitian .....	38
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>40</b>
A. Umum .....	40
B. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	41

C. Material Penelitian.....	41
C.1. Tanah keruk ( <i>dredged soil</i> ) .....	41
C.2. Serutan karet ban bekas .....	42
C.3. Pozolan alami ( <i>natural pozzolan</i> ) .....	43
D. Rancangan Penelitian .....	45
D.1. Peralatan penelitian .....	45
D.2. Rancangan benda uji penelitian .....	48
D.3. Penyiapan dan pembuatan beda uji .....	52
E. Pengujian dan Standar Acuan.....	52
E.1. Standar pengukuran dan pengujian .....	53
E.2. Uji mineralogi dengan X-RF dan X-RD.....	54
E.3. Uji kuat tekan bebas .....	54
E.4. Uji kuat geser.....	55
E.5. Uji <i>California Bearing Ratio</i> (CBR) laboratorium.....	55
E.6. Uji retak akibat pengeringan ( <i>desiccation crack</i> ) .....	56
E.7. Uji model timbunan <i>subbase</i> sebagai fondasi jalan.....	57
F. Bagan Alir Penelitian .....	61
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	63
A. Sifat Dasar Material Tanah Kerukan – Karet Serut yang Distabilisasi dengan Mineral Alami.....	63
A.1. Sifat dasar tanah kerukan sedimen.....	63

A.2. Karakteristik geometri karet serut.....	67
A.3. Sifat dasar mineral alami Tras.....	69
B. Karakteristik Mineralogi Material.....	70
B.1. Mineralogi tanah kerukan sedimen .....	71
B.2. Mineralogi Tras Lompoto'o.....	74
B.3. Mineralogi tanah kerukan yang distabilisasi dengan Tras .....	77
C. Sifat Mekanis Elemen Timbunan Tanah Kerukan Sedimen Bilibili yang Distabilisasi .....	82
C.1. Sifat mekanis tanah kerukan .....	82
C.2. Sifat mekanis tanah kerukan – karet serut .....	88
C.3. Sifat mekanis tanah kerukan stabilisasi Tras Lompoto'o .....	95
C.4. Sifat mekanis tanah kerukan – karet serut yang distabilisasi dengan Tras Lompoto'o .....	106
D. Perilaku Retak Pengeringan.....	117
D.1. Karakteristik perubahan massa dan kadar air akibat pengeringan.....	119
D.2. Penyusutan Volumetrik .....	122
D.3. <i>Crack Intensity Factor</i> (CIF) .....	123
E. Kriteria Rancangan Campuran Material.....	126
F. Perilaku Uji Model Deformasi Timbunan Lapis Fondasi Jalan .....	128

F.1. Perilaku uji model lapis perkerasan timbunan Sirtu sebagai fondasi <i>sub-base</i> jalan .....	128
F.2. Perilaku uji model lapis perkerasan timbunan tanah kerukan-karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o sebagai fondasi <i>sub-base</i> jalan (pemeraman 7 hari) .....	131
F.3. Perilaku uji model lapis perkerasan timbunan tanah kerukan-karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o sebagai fondasi <i>sub-base</i> jalan (pemeraman 14 hari) .....	133
F.4. Perbandingan hasil uji Perilaku model lapis perkerasan timbunan tanah kerukan-karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o sebagai fondasi <i>sub-base</i> jalan.....	136
G. Rekapitulasi Hasil Penelitian .....	138
H. Temuan Empirik .....	139
I. Kebaruan Penelitian ( <i>Novelty</i> ).....	139
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	140
A. Kesimpulan .....	140
B. Saran .....	141
DAFTAR PUSTAKA.....	142

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Petunjuk awal untuk pemilihan metode stabilisasi (Hicks, 2002).....	26
<b>Tabel 2.</b> Penerapan stabilisasi yang cocok (Ingles dan Metcalf, 1972) ....	26
<b>Tabel 3.</b> Matriks penelitian terdahulu .....	29
<b>Tabel 4.</b> Peralatan dan jenis pengujian.....	45
<b>Tabel 5.</b> Rancangan Benda Uji Kuat Tekan (UCT), CBR, Kuat Geser Elemen dan Retak Pengeringan .....	51
<b>Tabel 6.</b> Standar pengujian .....	53
<b>Tabel 7.</b> Sifat dasar tanah kerukan sedimen Bendungan Bilibili .....	64
<b>Tabel 8.</b> Klasifikasi tanah kerukan sedimen berdasarkan AASHTO.....	66
<b>Tabel 9.</b> Klasifikasi tanah kerukan sedimen berdasarkan AASHTO.....	68
<b>Tabel 10.</b> Sifat dasar mineral alami Tras Lompoto'o.....	69
<b>Tabel 11.</b> Komposisi senyawa dan unsur dalam tanah kerukan .....	71
<b>Tabel 12.</b> Komposisi mineralogi yang dominan pada tanah kerukan .....	72
<b>Tabel 13.</b> Komposisi senyawa dan unsur Tras Lompoto'o.....	74
<b>Tabel 14.</b> Persyaratan kimiawi penggolongan pozolan.....	75
<b>Tabel 15.</b> Komposisi mineralogi yang dominan pada Tras Lompoto'o .....	76
<b>Tabel 16.</b> Komposisi mineralogi tanah stabilisasi .....	80
<b>Tabel 17.</b> Rekapitulasi nilai sifat mekanis tanah kerukan.....	86
<b>Tabel 18.</b> Nilai CBR tanah kerukan – karet serut.....	92
<b>Tabel 19.</b> Rekapitulasi nilai kuat tekan bebas Tanah kerukan yang distabilisasi dengan Tras Lompoto'o .....	101

<b>Tabel 20.</b> Nilai CBR <i>unsoaked</i> dan <i>soaked</i> tanah kerukan yang distabilisasi denganTras Lompoto'o .....	103
<b>Tabel 21.</b> Nilai CBR <i>unsoaked</i> dan <i>soaked</i> tanah kerukan – karet serut yang distabilisasi dengan Tras Lompoto'o.....	115
<b>Tabel 22.</b> Nilai CIF tanah asli dan tanah stabilisasi .....	125
<b>Tabel 23.</b> Hasil uji sifat mekanis timbunan pada model uji fisik laboratorium.....	128
<b>Tabel 24.</b> Nilai penurunan yang terjadi pada timbunan sirtu .....	130
<b>Tabel 25.</b> Nilai penurunan yang terjadi pada timbunan tanah kerukan-karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o (7 hari).....	132
<b>Tabel 26.</b> Nilai penurunan yang terjadi pada timbunan tanah kerukan-karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o (14 hari) .....	135

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Grafik volume sedimentasi di Bendungan Bilibili tahun 1997 - 2008.....	14
<b>Gambar 2.</b> Peta lokasi quarry Tras di Kab. Bone Bolango, Prov. Gorontalo .....	20
<b>Gambar 3.</b> Tras Lompoto'o di Desa Lompotoo, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo.....	21
<b>Gambar 4.</b> Proses serutan ban bekas. a). tumpukan ban bekas; b). proses pamarutan; dan c) hasil parut/serut ban .....	22
<b>Gambar 5.</b> Contoh kerusakan tanah dasar pada jalan aspal .....	24
<b>Gambar 6.</b> Kerangka pikir penelitian timbunan tanah kerukan – karet serutan yang distabilisasi dengan pozolan alami.....	39
<b>Gambar 7.</b> Lokasi pengambilan tanah Kerukan.....	41
<b>Gambar 8.</b> Kondisi tanah kerukan di lokasi pembuangan.....	42
<b>Gambar 9.</b> Serutan karet ban bekas .....	43
<b>Gambar 10.</b> Lokasi pengambilan Tras Lompoto'o – Provinsi Gorontalo .....	44
<b>Gambar 11.</b> Sketsa bentuk sampel UCS (kiri), CBR (tengah) dan <i>Direct shear</i> (kanan).....	50
<b>Gambar 12.</b> Uji kuat tekan bebas elemen sampel tanah stabilisasi, a) sebelum uji; b) setelah uji.....	55
<b>Gambar 13.</b> Model sampel uji retak pengeringan ( <i>desiccation crack test</i> ).....	57



<b>Gambar 14.</b> Model uji laboratorium timbunan tanah keruk – karet serut yang distabilisasi dengan mineral alami (tras) untuk <i>subbase</i> fondasi jalan .....	58
<b>Gambar 15.</b> Model timbunan tanah dasar dan pengujian DCP untuk pengecekan nilai CBR tanah dasar .....	59
<b>Gambar 16.</b> Model timbunan <i>sub-base</i> dan pengujian DCP untuk pengecekan nilai CBR.....	60
<b>Gambar 17.</b> Pelaksanaan uji model .....	60
<b>Gambar 18.</b> Bagan alir penelitian .....	62
<b>Gambar 19.</b> Diagram plastisitas dalam sistem klasifikasi terhadap tanah yang diuji.....	65
<b>Gambar 20.</b> Grafik X-RD tanah kerukan Bendungan Bilibili.....	72
<b>Gambar 21.</b> Grafik <i>X-Ray Diffraction</i> (X-RD) Tras Lompoto'o .....	76
<b>Gambar 22.</b> Grafik difraksi tanah kerukan yang distabilisasi dengan Tras pada pemeraman 14 hari .....	77
<b>Gambar 23.</b> Grafik difraksi tanah kerukan yang distabilisasi dengan Tras pada pemeraman 28 hari .....	78
<b>Gambar 24.</b> Grafik hubungan kepadatan kering dengan kadar air optimum .....	83
<b>Gambar 25.</b> Grafik uji kuat tekan tanah kerukan .....	84
<b>Gambar 26.</b> Grafik CBR desain tanah kerukan <i>unsoaked</i> (atas) dan <i>soaked</i> (bawah) .....	85
<b>Gambar 27.</b> Grafik hubungan kepadatan kering tanah dengan kadar air pada tanah kerukan – karet serut.....	88

<b>Gambar 28.</b> Grafik perubahan nilai kohesi akibat penambahan karet serut.....	89
<b>Gambar 29.</b> Grafik perubahan sudut geser dalam akibat penambahan karet serut.....	89
<b>Gambar 30.</b> Grafik hubungan tegangan – regangan tanah kerukan – karet serut.....	90
<b>Gambar 31.</b> Grafik perubahan kuat tekan bebas pada tanah kerukan– karet serut.....	91
<b>Gambar 32.</b> <i>Overlay CBR unsoaked</i> tanah kerukan – karet serut untuk timbunan .....	93
<b>Gambar 33.</b> <i>Overlay CBR soaked</i> tanah kerukan – karet serut untuk timbunan .....	93
<b>Gambar 34.</b> Grafik hubungan kepadatan kering tanah kerukan dengan kadar air yang distabilisasi dengan Tras Lompoto'o .....	95
<b>Gambar 35.</b> Grafik perubahan nilai kepadatan maksimum tanah kerukan akibat penambahan Tras Lompoto'o.....	96
<b>Gambar 36.</b> Grafik nilai kohesi tanah kerukan yang distabilisasi dengan Tras.....	97
<b>Gambar 37.</b> Grafik nilai sudut geser dalam tanah kerukan yang distabilisasi dengan Tras.....	97
<b>Gambar 38.</b> Grafik hubungan tegangan – regangan tanah kerukan yang distabilisasi dengan Tras pada pemeraman 7 hari.....	98

- Gambar 39.** Grafik hubungan tegangan – regangan tanah kerukan yang distabilisasi dengan Tras pada pemeraman 14 hari.....99
- Gambar 40.** Grafik hubungan tegangan – regangan tanah kerukan yang distabilisasi dengan Tras pada pemeraman 28 hari.....99
- Gambar 41.** Grafik perbandingan kenaikan kuat tekan bebas tanah kerukan oleh beberapa bahan stabilisasi. ....101
- Gambar 42.** *Overlay* perbandingan nilai kuat tekan bebas tanah kerukan yang distabilisasi Tras terhadap beberapa standar acuan.....102
- Gambar 43.** *Overlay* nilai CBR *unsoaked* tanah kerukan stabilisasi Tras lompto'o terhadap syarat CBR lapis perkerasan .....104
- Gambar 44.** *Overlay* nilai CBR *soaked* tanah kerukan stabilisasi Tras lompto'o terhadap syarat CBR lapis perkerasan .....104
- Gambar 45.** Grafik hubungan kepadatan kering dengan kadar air pada tanah kerukan – karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o .....107
- Gambar 46.** Grafik perubahan nilai kepadatan maksimum tanah kerukan – karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o.....108
- Gambar 47.** Grafik nilai kohesi tanah kerukan – 2% karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o pada berbagai waktu pemeraman.....109
- Gambar 48.** Grafik nilai kohesi tanah kerukan – 3% karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o pada berbagai waktu pemeraman.....109

- Gambar 49.** Grafik nilai sudut geser dalam tanah kerukan – 2% karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o pada berbagai waktu pemeraman.....110
- Gambar 50.** Grafik nilai sudut geser dalam tanah kerukan – 3% karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o pada berbagai waktu pemeraman.....111
- Gambar 51.** Grafik tegangan-regangan tanah kerukan-karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o pemeraman 7 hari .....112
- Gambar 52.** Grafik tegangan-regangan tanah kerukan-karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o pemeraman 14 hari .....112
- Gambar 53.** Grafik tegangan-regangan tanah kerukan-karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o pemeraman 28 hari .....113
- Gambar 54.** Grafik nilai kuat tekan bebas tanah kerukan stabilisasi Tras Lompoto'o dengan penambahan 2% karet serut .....114
- Gambar 55.** Grafik nilai kuat tekan bebas tanah kerukan stabilisasi Tras Lompoto'o dengan penambahan 3% karet serut .....114
- Gambar 56.** Grafik nilai CBR *unsoaked* dan *soaked* tanah kerukan – karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o pada berbagai waktu pemeraman.....116
- Gambar 57.** Foto pelaksanaan pengeringan tanah kerukan – karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o .....118
- Gambar 58.** Grafik perilaku perubahan massa tanah kerukan – karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o .....120

<b>Gambar 59.</b> Grafik perilaku perubahan kadar air tanah kerukan – karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o .....	121
<b>Gambar 60.</b> Grafik perilaku penyusutan volumetri sampel tanah kerukan .....	123
<b>Gambar 61.</b> Grafik CIF terhadap kadar air tanah .....	124
<b>Gambar 62.</b> Grafik CIF terhadap waktu pengeringan .....	125
<b>Gambar 63.</b> Foto retak pada sampel tanah, (kiri) Tanah + 2% karet, (kanan) Tanah + 2% karet + 6% Tras .....	126
<b>Gambar 64.</b> Kriteria rancangan campuran tanah kerukan stabilisasi untuk timbunan perkerasan jalan .....	127
<b>Gambar 65.</b> Diagram keruntuhan timbunan sirtu tiap fase pembebanan .....	129
<b>Gambar 66.</b> Grafik deformasi akibat pembebanan terhadap penurunan pada timbunan sirtu.....	130
<b>Gambar 67.</b> Diagram keruntuhan timbunan tanah kerukan-karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o dengan pemeraman 7 hari tiap fase pembebanan .....	131
<b>Gambar 68.</b> Grafik deformasi akibat pembebanan terhadap penurunan pada timbunan tanah kerukan-karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o (7 hari).....	133
<b>Gambar 69.</b> Diagram keruntuhan timbunan tanah kerukan-karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o dengan pemeraman 14 hari tiap fase pembebanan .....	134

- Gambar 70.** Grafik deformasi akibat pembebanan terhadap penurunan pada timbunan tanah kerukan-karet serut stabilisasi Tras Lompoto'o (14 hari).....135
- Gambar 71.** Grafik perbandingan penurunan akibat pembebanan pada timbunan lapis fondasi *sub-base* jalan.....136
- Gambar 72.** Histogram kinerja timbunan lapis fondasi *sub-base* jalan ..137
- Gambar 73.** Diagram pohon hasil penelitian .....138

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Sedimentasi bendungan dapat menyebabkan penurunan kapasitas tampungan air, yang pada akhirnya dapat secara signifikan mengganggu kemampuan bendungan untuk menjalankan fungsinya (Schleiss, et al., 2016). Selain itu, sedimentasi dapat menyebabkan kerusakan struktural, meningkatkan biaya operasi dan pemeliharaan bendungan bahkan dapat menyebabkan penghentian pemanfaatan bendungan itu sendiri (Sadeeq & Salahudeen, 2016).

Usaha yang bisa dilakukan untuk mengatasi masalah sedimentasi bisa bermacam-macam, salah satunya adalah dengan mengeruk atau memindahkan endapan sedimen tersebut (Pattanapanchai, et al., 2002). Volume sedimentasi yang tinggi pada beberapa bendungan besar sangat banyak terjadi, yang mana salah satunya adalah Bendungan Bilibili. Sehingga untuk pemeliharaan, telah direncanakan akan dilakukan pengerukan sekitar 100.000 - 200.000 m<sup>3</sup> tiap tahunnya (Samang, 2010). Begitu pula pada Three Gorges Dam di China, diperkirakan terdapat 1,6 milyar ton sedimen yang terperangkap selama tahun 2003 – 2015 (Li, et al., 2018).

Meski jumlahnya melimpah, tanah hasil kerukan memiliki sifat geoteknik yang jelek dan biasanya diperlakukan sebagai limbah buangan atau material yang diabaikan (Huang, et al., 2010). Sementara itu, untuk memanfaatkan tanah kerukan tersebut, misalnya sebagai timbunan jalan,

dibutuhkan kepadatan tanah dasar dan sifat geoteknik lainnya yang sesuai spesifikasi yang disyaratkan (Selvam, et al., 2016). Tanah timbunan dari tanah kerukan ditandai dengan kadar air yang tinggi, rasio porositas tinggi, partikel tanah halus dan permeabilitas yang buruk (Zheng, et al., 2014). Tanah hasil kerukan relatif tidak dapat dimanfaatkan sebagai material konstruksi tanpa sebelumnya ada usaha perbaikan pada sifat-sifat geotekniknya.

Pemanfaatan tanah hasil kerukan ini dapat diterapkan setelah dilakukan perbaikan kualitas sifat geoteknik tanah, salah satunya adalah dengan melakukan usaha stabilisasi. Salah satu usaha stabilisasi yang dilakukan adalah stabilisasi kimiawi. Stabilisasi kimiawi dilaksanakan dengan melakukan pengurangan atau penghilangan sifat-sifat geoteknik tanah yang tidak menguntungkan dengan menambahkan bahan tambah tertentu (Hardiyatmo, 2010). Beberapa peneliti sebelumnya telah melakukannya dengan menggunakan semen, kapur, *Fly Ash* NaCl atau Zeolit dan memberi hasil yang cukup baik (Yusuf, et al., 2012); (Jan & Mir, 2018); (Nguyen, et al., 2018); (Kang, et al., 2014); (Bowers, et al., 2013); (Murthy, et al., 2016); (Peddaiah & Suresh, 2017); (Parapaga, et al., 2018); (Tangkeallo, et al., 2019); (Khajeha, et al., 2019); (Pooahong, et al., 2020); dan (Harianto, et al., 2020).

Upaya stabilisasi tanah secara kimiawi dengan menggunakan semen dan kapur dinilai tidak ramah lingkungan yang disebabkan oleh proses produksinya (Das, 2012). Produksi semen dan kapur diperkirakan menyebabkan pelepasan 5-7% CO<sub>2</sub> dan debu berbahaya ke atmosfer selama proses produksi (Mehta & Monteiro, 2014). Selain melepaskan CO<sub>2</sub>, proses produksi semen juga melepaskan SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan gas-gas lain yang



berkontribusi terhadap efek rumah kaca dan polusi asam (Feiz, et al., 2015). Oleh karena itu, perlu dilakukan usaha stabilisasi lainnya dengan menggunakan bahan kimia yang lain seperti unsur garam (NaCl) dan gipsum atau material sisa seperti *fly ash*; *bottom ash* dan *slag*, atau bisa juga dengan material pozzolan alami seperti zeolit dan tras.

Tras adalah bahan galian yang termasuk ke dalam bahan Galian Golongan C sebagaimana yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah No.27/1980 tentang Penggolongan Bahan-bahan Galian dan bersifat *pozzolan*. Tras banyak mengandung felspar dan silika, antara lain breksi andesit, granit, *rhyolite* yang telah mengalami proses pelapukan. Kandungan utama unsur kimiawi tras diantaranya adalah SiO<sub>2</sub> (silika oksida); Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (aluminium oksida); Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (besi oksida); CaO (kalsium oksida/kaput tohor) dan senyawa-senyawa lainnya dalam kadar yang relatif rendah (ASTM-C-618-92a, 1998).

Usaha stabilisasi tanah dengan bahan stabilisasi (*stabilization agent*) secara kimiawi, di beberapa literatur, memang memberikan dampak yang baik dalam meningkatkan sifat fisik tanah yang distabilisasi. Namun, beberapa peneliti juga menunjukkan bahwa tanah yang telah distabilisasi tersebut masih memperlihatkan hasil yang belum memuaskan pada aspek tegangan geser dan kuat tarik antar muka (*interface*) pada sampel elemen uji. Oleh karena itu beberapa peneliti mengusulkan untuk melakukan penambahan material serat, di antaranya adalah serat karet ban bekas, ke dalam tanah sebagai usaha mengatasi masalah geser dan tarik pada elemen uji tanah stabilisasi.

Kapasitas produksi seluruh industri ban di Indonesia mencapai 77 juta ban untuk mobil, truk, dan bis; serta 64 juta ban untuk kendaraan roda dua (Wirasadewa, 2017). Besarnya produksi dan pemakaian ban kendaraan, akan berimplikasi pada besar pula limbah ban kendaraan yang telah dipakai. Pada ban kendaraan, hanya sebagian kecil saja volume ban yang digunakan untuk berkendara dan sisanya adalah limbah karet dan material-material tambahannya (Rochman & Setiyo, 2019). Salah satu usaha pengelolaan limbah ban bekas adalah dengan cara diparut (*shredded*).

Ban karet parut/serut (*shredded tire*) adalah material sintetis yang berasal dari serutaan ban bekas pakai. Beberapa penelitian telah dilaksanakan dengan melakukan penambahan dan pencampuran bahan olahan karet ban bekas tersebut dengan berbagai bentuk (serut, butir, bubuk maupun serat) ke dalam tanah yang ternyata memberikan hasil yang cukup memuaskan sebagai salah usaha stabilisasi tanah (Foose, et al., 1996); (Lee, et al., 1990); (Shahin & Hong, 2010); (Tiwari, et al., 2012); (Naval & Kumar, 2016); (Bin-Shafique, et al., 2017); (Anvari, et al., 2017); dan (Gardete, et al., 2019).

Bentuk material sisa yang digunakan baik berupa serat, butiran ataupun serutan memiliki pengaruh terhadap peningkatan sifat fisik timbunan geokomposit. Harianto, et al., (2008) menyatakan bahwa campuran serat pada tanah dapat meningkatkan dan memberikan perubahan yang menguntungkan dalam sifat-sifat mekanis tanah Akaboku (yaitu karakteristik kepadatan, regangan susut volumetrik, dan faktor intensitas retak). Selama proses pengeringan, penyusutan volumetrik berkembang di tanah Akaboku yang dipadatkan dengan dan tanpa bahan tambahan serat dan secara substansial

dikontrol oleh kadar air. Alamdari dan Dabiri (2017) juga melakukan penelitian yang hasilnya menunjukkan adanya pengaruh panjang Serat *Polypropilene* (PP) dan Serat Kaca (*Glass Fiber*) terhadap nilai kuat tekan, kohesif, tegangan geser, dan sudut geser dalam tanah yang diuji.

Usaha stabilisasi tanah yang dilakukan dengan menggabungkan teknik stabilisasi kimiawi dengan penambahan serutan, butiran atau serat ban bekas juga telah dilakukan dengan tujuan untuk melakukan perbaikan kualitas sifat-sifat fisik tanah sekaligus meningkatkan kuat geser dan tarik tanah yang distabilisasi (Sudhakaran, et al., 2018); (Oliveira, et al., 2018); (Sani, et al., 2018); (Kumar & Gupta, 2015); dan (Muntohar, et al., 2013).

Penggunaan kembali limbah ban bekas bisa menjadi salah satu alternatif yang baik untuk digunakan. Penggunaan serutan, butiran ataupun serat ban bekas selain bisa mencapai tujuan sebagai usaha stabilisasi tanah, di sisi lain juga bisa memberikan kontribusi usaha ramah lingkungan dengan melakukan penggunaan kembali (*reuse*) material bekas (*waste material*).

Berdasarkan pemaparan latar belakang di atas, maka penelitian ini akan mencoba untuk mengkaji dan mengembangkan material timbunan yang memanfaatkan tanah hasil kerukan yang distabilisasi dengan mineral alami yang bersifat pozolan dengan perkuatan serutan karet dari ban bekas. Pengembangan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata usaha menemukan bahan geomaterial baru yang ramah lingkungan yang berbasis pada pemanfaatan ulang material (*reuse*). Penelitian ini akan dilakukan dalam laboratorium berupa uji elemen yang selanjutnya akan dibuat juga dalam model fisik laboratorium timbunan geokomposit dengan memanfaatkan

peralatan dan fasilitas yang ada di Laboratorium Geoteknik dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka permasalahan penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana sifat dasar, sifat mekanis serta mikrostruktur material timbunan geokomposit tanah kerukan-karet serut yang menggunakan stabilisasi tras sebagai pozolan alami?
2. Bagaimana kinerja timbunan tanah kerukan-karet serut yang distabilisasi dengan tras sebagai pozolan alami jika diterapkan sebagai sub-base di lapis fondasi jalan?
3. Bagaimana rancangan terbaik timbunan geokomposit tanah kerukan-karet serut yang distabilisasi dengan tras sebagai pozolan alami?

## **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi sifat dasar, sifat mekanis serta mikrostruktur material timbunan geokomposit tanah kerukan-karet serut yang menggunakan stabilisasi tras sebagai pozolan alami.
2. Menguji kinerja timbunan tanah kerukan-karet serut yang distabilisasi dengan tras sebagai pozolan alami jika diterapkan sebagai sub-base di lapis fondasi jalan.

3. Menemukan rancangan komposisi optimal material timbunan geokomposit tanah kerukan-karet serut yang distabilisasi dengan tras sebagai pozolan alami.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan kontribusi ilmiah pada pengembangan material tras sebagai bahan stabilisasi tanah lunak di bidang geoteknik.
2. Memberikan alternatif pemanfaatan material tanah hasil kerukan sedimentasi yang ditambahkan dengan serutan limbah ban bekas sebagai timbunan ramah lingkungan.
3. Menjadi solusi penanganan permasalahan lingkungan terkait limbah karet ban bekas dan tumpukan tanah hasil kerukan sedimen.

#### **E. Batasan Penelitian**

Penelitian ini adalah penelitian skala laboratorium yang memanfaatkan material tanah hasil pengerukan sebuah waduk sekaligus juga pemanfaatan serutan dari ban bekas. Penelitian ini dilaksanakan sebagai bentuk pemodelan fisik timbunan untuk lapis fondasi jalan. Sehingga untuk menyederhanakan dan menghindari bias bahasan selama proses penelitian, maka pada pelaksanaannya dilakukan beberapa pembatasan masalah dan penentuan asumsi-asumsi, di antaranya adalah:

1. Tanah yang diteliti adalah tanah kerukan hasil endapan sedimen di dasar Waduk Bilibili.

2. Karet serut yang digunakan adalah serutan dari limbah ban bekas pada pabrik vulkanisir ban kendaraan dengan ukuran panjang 1,0 – 2,5 cm.
3. Tidak dilakukan uji kadar B3 dan uji lindi terhadap penggunaan karet serut.
4. Bahan stabilisasi berupa mineral alami tras sebagai material pozolan yang diambil di Desa Lompoto'o, Provinsi Gorontalo.
5. Model fisik yang dilakukan adalah model fisik pada skala laboratorium yang menggunakan baak uji ukuran panjang 150 cm, lebar 60 cm dan tinggi 80 cm.

## **F. Sistematika Penulisan**

Naskah disertasi penelitian ini disajikan dengan sistematika sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Menjelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian serta sistematika penulisan naskah disertasi.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Menyajikan tentang hasil dan hubungan penelitian-penelitian terdahulu serta landasan teori yang digunakan terhadap penelitian yang akan dilaksanakan (*state of the art*). Bab ini juga menyajikan beberapa teori, pemikiran, pengertian, definisi serta formulasi yang berkaitan dengan penelitian akan dilakukan. Semuanya ini akan diambil dari buku-buku teks maupun jurnal-jurnal terbaru yang berhubungan dengan lingkup penelitian yang akan dilaksanakan.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Menjelaskan dan menjabarkan tentang teknis pelaksanaan penelitian. Bab ini berisi tentang urutan dan tata kerja pelaksanaan penelitian, aturan dan standar (*code*) pengujian yang diterapkan, material penelitian yang digunakan, penjelasan tentang jenis dan fungsi peralatan yang digunakan, tahapan pengujian serta jenis model pengujiannya.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menyajikan tentang hasil-hasil dari semua pengujian-pengujian yang dilaksanakan selama penelitian dilaksanakan serta bahasan-bahasan mendalam terkait hasil-hasil yang dicapai dalam pengujian-pengujian yang dilaksanakan.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Menyajikan tentang kesimpulan penelitian yang diperoleh serta saran-saran yang diberikan untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang berelasi dengan penelitian yang telah dilaksanakan.

### **DAFTAR PUSTAKA**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tanah Kerukan**

##### **A.1. Umum**

Berbagai masalah lingkungan harus dihadapi oleh pemerintah dan masyarakat sekarang ini, di antaranya adalah masalah sedimentasi. Oleh karena itu, penanganan masalah sedimentasi dan pemanfaatan material hasil kerukan sedimentasi menjadi isu yang strategis yang perlu dipikirkan bersama. Bendungan atau waduk pastilah akan memberikan manfaat yang besar, namun pada kenyataannya hal ini juga menimbulkan masalah lain yang potensial yaitu sedimentasi (Marhendi, 2018); (Asmoro, 2015) dan (Li, et al., 2018). Merujuk kondisi tersebut, maka dianggap perlu untuk melakukan penanganan masalah sedimentasi secara serius.

Penangan masalah sedimentasi dengan pengerukan, tidak secara otomatis akan menyelesaikan masalah lingkungan akibat sedimentasi tersebut. Tanah hasil pengerukan sedimentasi waduk akan menumpuk dan sering dianggap sebagai material buangan/*waste material* (Park, et al., 2016) yang tidak memiliki nilai kegunaan dan nilai ekonomis.

Sehingga, supaya tanah hasil kerukan yang akan dimanfaatkan memiliki manfaat dan nilai ekonomis, khususnya untuk timbunan, maka sebaiknya tanah atau material hasil kerukan tersebut direkayasa terlebih dahulu agar bisa memenuhi syarat-syarat teknis secara geoteknik untuk digunakan sebagai tanah timbunan.



## **A.2. Tanah kerukan**

Tanah kerukan (*dredged soil*) adalah tanah yang diperoleh dari hasil pengerukan di daerah perairan atau saluran (Nguyen, et al., 2018), seperti di sungai, pantai, rawa, maupun waduk atau bendungan. Pelaksanaan pengerukan, khususnya di bendungan, dilakukan dengan tujuan untuk memelihara masa layanan bendungan. Akan tetapi, dari aspek geoteknik, tanah hasil kerukan memiliki sifat geoteknik yang jelek dan biasanya diperlakukan sebagai limbah (Huang, et al., 2010).

Park, dkk (2016) melakukan penelitian terhadap material hasil kerukan dari 3 waduk yang akan dimanfaatkan sebagai timbunan tanggul. Hasil yang diperoleh adalah tanah kerukan tersebut memiliki pH 4,25 - 5,39. Hal ini mengindikasikan bahwa tanah ini pada dasarnya bisa digunakan sebagai material konstruksi tanpa harus khawatir dapat menyebabkan korosi. Kandungan logam berat dari semua sampel tanah yang dikeruk lebih rendah dari syarat ambang batas lingkungan, yang menunjukkan bahwa sedimen yang dikeruk memenuhi persyaratan peraturan lingkungan.

### **A.2.1. Potensi tanah kerukan**

Setiap tahun, menurut laporan dari Perum Jasa Tirta I Waduk Gajah Mungkur di Kabupaten Wonogiri Provinsi Jawa Tengah melakukan pengerukan rata-rata sebesar 92.647 m<sup>3</sup>/tahun (Andriawati, 2015). Sedangkan, menurut laporan dari PT. Indonesia Power, pihak pengelola Waduk Mrica telah melakukan penggelontoran (*flushing*) sedimen sejak tahun 1992 sampai dengan tahun 2018 sebesar 13.086.835,99 m<sup>3</sup>. Hal ini berarti,

selama 26 tahun, pihak PT. Indonesia Power rata-rata melakukan penggelontoran sedimen sebesar 503,339.84 m<sup>3</sup> tiap tahun (Anonim, 2018).

Data-data di atas menunjukkan bahwa, volume kubikasi sedimen yang dikeluarkan dari waduk-waduk tersebut menunjukkan angka yang sangat besar. Hal ini berarti bahwa terdapat potensi volume material tanah hasil kerukan dari waduk-waduk yang dikeruk. Selain potensi volume, keberlanjutan suplai tanah hasil kerukan sedimentasi juga menjadi hal yang perlu dipertimbangkan bahwa pelaksanaan pekerjaan pengerukan atau penggelontoran endapan sedimen di sebuah waduk/bendungan adalah kegiatan yang harus dilaksanakan secara berkala setiap tahunnya.

Sehingga, selain volumenya yang besar, tanah hasil kerukan sedimentasi juga menjanjikan keberlanjutan suplai sedimen selama sebuah waduk atau bendungan beroperasi dan dimanfaatkan.

#### **A.2.2. Nilai manfaat tanah kerukan**

Penggunaan tanah hasil kerukan sebagai sebuah sumberdaya adalah sebuah langkah yang terinspirasi dari konsep ekonomi melingkar (*circular economic*). Ekonomi melingkar adalah sebuah konsep yang melihat secara tidak *linier* seperti saat ini yaitu ambil, buat, dan buang. Konsep ini lebih kepada sistem yang restoratif dan regeneratif terhadap sumberdaya yang dimanfaatkan. Sehingga, dalam bentuk sistem ini, tanah hasil kerukan akan digunakan kembali sebagai wujud kepedulian kita terhadap lingkungan, sosial dan keberlanjutan pembangunan.

### **A.3. Klasifikasi teknis tanah**

Tanah (*soil*) menurut Teknik Sipil dapat didefinisikan sebagai sisa atau produk yang dibawa dari pelapukan batuan dalam proses geologi yang dapat digali tanpa peledakan dan dapat ditembus dengan peralatan pengambilan contoh (*sampling*) pada saat pemboran (Hendarsin, 2000).

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi berfungsi sebagai penjelasan singkat dari sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terperinci. Sistem klasifikasi yang sudah ada dan dikembangkan sebagian besar didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana (Das, 1995).

Ada beberapa macam sistem klasifikasi tanah, tetapi yang paling umum digunakan adalah:

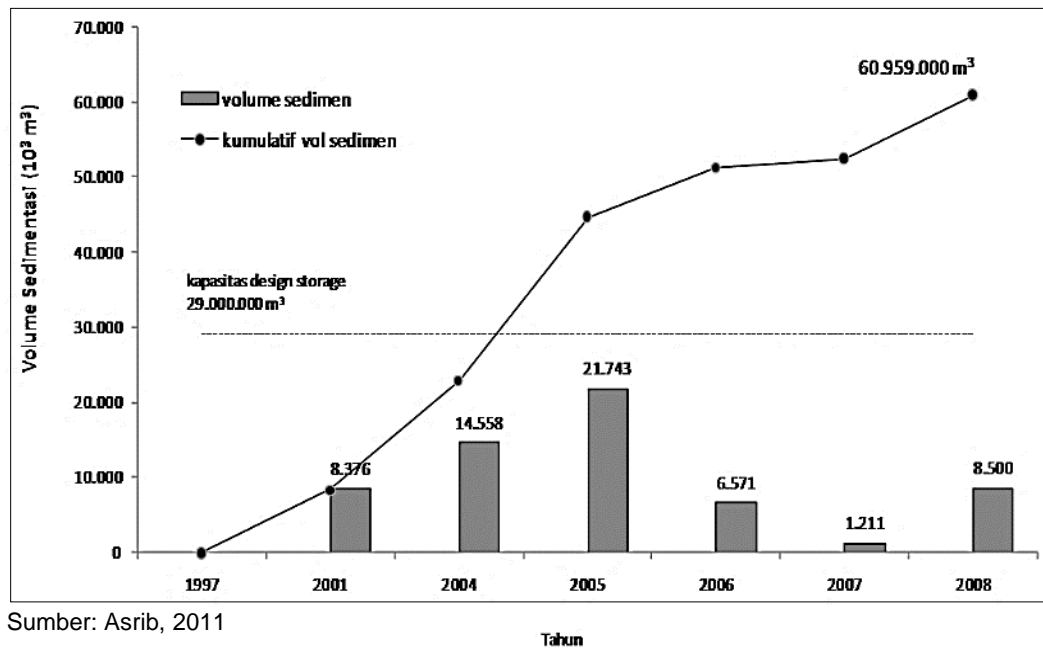
- 1) Sistem Klasifikasi Tanah USCS (*Unified Soil Classification System*).
- 2) Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*)

Pengelompokan tanah kerukan umumnya menggunakan kedua sistem di atas. Hal ini penting untuk nantinya digunakan dalam menentukan jenis serta metode stabilisasi yang cocok untuk tanah kerukan tersebut.

### **A.4. Tanah kerukan Bendungan Bilibili**

Tanah kerukan Bendungan Bilibili diambil dari dasar bendungan yang merupakan hasil sedimentasi dari sedimen-sedimen yang masuk ke dalam bendungan tersebut. Besar volume transpor sedimen yang masuk

ke dalam Bendungan Bilibili mencapai puncaknya pada tahun 2005 atau setahun setelah terjadi longsor besar di kaldera Gunung Bawakaraeng



**Gambar 1.** Grafik volume sedimentasi di Bendungan Bilibili tahun 1997 - 2008

Berdasarkan pengukuran dengan metode pemeruman (*echo-sounding*) di Bendungan Bilibili, akumulasi sedimentasi sampai dengan pada tahun 2008 telah mencapai sebesar 60.959.000 m<sup>3</sup>. Hal ini menunjukkan terjadi kenaikan sedimentasi yang signifikan sejak tahun 2001 (Asrib, 2011).

Asrib (2011) juga menjelaskan bahwa jenis tanah yang terdapat pada daerah tangkapan air Bendungan Bilibili beragam. Tanah di daerah hulu bendungan ini terdiri atas jenis Tanah Latosol berwarna coklat kemerahan sebesar 41,72%; Tanah Mediteran (26,93%); Tanah Andosol (13,10%); Aluvial (9,22%); dan Tanah Podsolik (9,03%). Tanah Latosol ini adalah tanah yang didominasi oleh unsur Besi dan Aluminium; Tanah Mediteran

adalah tanah yang di dominasi oleh unsur Kapur; dan Tanah Andosol yaitu jenis tanah vulkanis bermineral tinggi.

## **B. Stabilisasi Tanah**

### **B.1. Stabilisasi tanah**

Stabilisasi tanah adalah pencampuran tanah dengan bahan tertentu, guna memperbaiki sifat-sifat teknis tanah (Hardiyatmo, 2010). Usaha stabilisasi ini dilakukan agar sifat-sifat teknis tanah menjadi lebih baik dibanding kondisi awalnya. Perbaikan sifat-sifat teknis tanah yang diinginkan di antaranya adalah kapasitas dukung, kompresibilitas, permeabilitas, kemudahan dikerja (*workability*), potensi pengembangan (*swelling potential*), dan sensitivitas terhadap perubahan kadar air.

Beberapa tindakan yang dapat dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah sebagai berikut: i) menambah bahan yang menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi atau fisis pada tanah; ii) mengganti tanah yang buruk; iii) meningkatkan kerapatan tanah; iv) menurunkan muka air tanah; dan v) menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan kekuatan geser yang timbul.

Cara yang digunakan untuk menstabilisasi tanah terdiri dari salah satu atau kombinasi dari cara berikut (Bowles, 1989), yaitu: i) stabilisasi secara mekanis; ii) stabilisasi dengan cara kimiawi.

#### **1. Stabilisasi mekanis**

Stabilisasi tanah dengan cara mekanis dapat didefinisikan sebagai upaya pengaturan gradasi tanah secara proporsional yang diikuti

dengan proses pemadatan, untuk mendapatkan kepadatan maksimum. Pemadatan merupakan suatu usaha mempertinggi kerapatan tanah, dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemadatan partikel. Sebelum dilakukan pemadatan, tanah pada mulanya dilakukan dengan pengeringan, penambahan air, perbaikan agregat-agregat (butir-butir) atau dengan bahan-bahan pencampur seperti semen, kapur, garam, abu batu bara, dan bahan tambahan lainnya. Tujuan dari pemadatan tanah adalah untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik massa tanah.

## 2. Stabilisasi kimiawi

Cara lain yang juga sering digunakan untuk menstabilisasi tanah berbutir halus adalah dengan mencampur tanah tersebut dengan bahan pencampur (semen, semen dan pasir, semen dan garam, abu batu bara, gamping, dan abu batu bara). Metode tersebut dikenal juga dengan istilah stabilisasi secara kimiawi. Stabilisasi dengan bahan pencampur kimiawi ini dapat mengubah sifat-sifat kurang menguntungkan dari tanah. Biasanya digunakan untuk tanah berbutir halus. Bahan yang digunakan untuk stabilisasi tanah disebut *stabilizing agent*.

Pemilihan bahan-tambah dalam usaha stabilisasi tanah dilakukan dengan memenuhi beberapa alasan pemilihan bahan stabilisasi. Pertimbangan yang diambil dalam menentukan bahan stabilisasi, umumnya menggunakan pertimbangan ukuran butiran dan karakteristik plastisitas tanah.

## **B.2. Stabilisasi tanah dengan bahan pozolan**

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, salah satu metode stabilisasi yang biasa dilakukan adalah stabilisasi tanah dengan bahan-tambah atau biasa juga disebut sebagai stabilisasi kimiawi. Stabilisasi kimiawi adalah metode stabilisasi yang dilakukan dengan menambahkan bahan-tambah (*additives*) yang bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat teknis tanah dengan cara mencampurkan bahan-tambah tersebut dengan perbandingan tertentu (Hardiyatmo, 2010).

Stabilisasi tanah dengan bahan-tambah dilakukan dengan menambahkan material pabrikan seperti semen dan kapur/gipsum; atau garam-garaman seperti NaCl; atau material sisa seperti abu terbang (*fly ash*) dan sleg (*slag*); atau material alam seperti zeolit dan tras.

Umumnya, stabilisasi secara kimiawi dilakukan dengan menambahkan bahan yang memiliki sifat pozolan. Pozolan adalah bahan yang mengandung senyawa *silica* dan *alumina* dimana bahan pozolan itu sendiri tidak mempunyai sifat seperti semen, akan tetapi dengan bentuknya yang halus dan dengan adanya air, maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi secara kimiawi dengan kalsium hidroksida (senyawa hasil reaksi antara semen dan air) pada suhu kamar membentuk senyawa kalsium aluminat hidrat yang mempunyai sifat seperti semen (ASTM-C-618-92a, 1998).

### **B.2.1. Stabilisasi tanah kerukan dengan Pozolan Alami**

Stabilisasi tanah dengan bahan-tambah (*additives*) semen dan kapur dianggap kurang ramah terhadap lingkungan. Hal ini disebabkan karena

pada saat proses produksinya, semen dan kapur tersebut melalui sebuah proses (pengambilan-pengolahan-pengepakan) yang memberikan dampak polusi dan kerusakan terhadap lingkungannya (Das, 2012). Oleh karena itu, sekarang ini para peneliti berusaha untuk mengembangkan bahan stabilisasi alternatif yang bisa menggantikan semen/kapur sebagai bahan stabilisasi pada tanah. Stabilisasi tanah dengan material alam yang memiliki sifat pozolan bisa menjadi jawaban atas kekurangan yang dimiliki oleh semen/kapur.

Keberadaan pozolan alami di Indonesia banyak dijumpai di daerah dekat pegunungan yang masih aktif seperti di daerah Nagrek (Jawa Barat), Gunung Muria (Jawa Tengah), Gunung Lawu (Jawa Timur) dan daerah lainnya di pulau Jawa, Sumatra, Sulawesi, Nusa Tenggara dan Halmahera (Nurchasanah, 2011). Salah satu material alam yang bersifat Pozolan adalah tras. Tras sangat berpotensi digunakan sebagai pengganti semen pada saat melakukan usaha stabilisasi tanah untuk meningkatkan sifat-sifat teknis tanah tersebut.

Penambahan tras pada tanah lempung dapat memperbaiki sifat fisis tanah tersebut (Wiqoyah, 2007). Hasil uji triaksial dengan pemeraman 3 hari, menunjukkan peningkatan nilai sudut gesek dalam tanah ( $\phi$ ) seiring dengan penambahan tras. Peningkatan maksimum terjadi pada penambahan 10% tras dengan peningkatan sebesar  $5,15^\circ$ . Nilai kohesi (c) juga mengalami peningkatan sebesar  $16,43 \text{ kg/m}^2$  yang terjadi pada penambahan 10% tras. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa penambahan



tras sampai pada 10% dengan pemeraman 3 hari, dapat memperbaiki parameter geser Tanah Lempung Tanon.

Melakukan penelitian dengan memanfaatkan kapur dan tras sebagai bahan stabilisasi juga pernah dilakukan. Penelitian lain dilakukan dengan menambahkan kapur dan tras dengan komposisi kapur 2,5% dan variasi komposisi tras adalah 5%,10%,15%, dan 20%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kapur dan tras dapat meningkatkan nilai daya dukung. Pencampuran kapur sebesar 2,5% dan tras sebesar 20% terjadi peningkatan nilai CBR Rendaman sebesar 116,7% (Palar, 2013).

Penambahan tras dengan variasi komposisi sebesar 5%; 10%; 15%; dan 20% pada tanah lempung lunak telah memberikan pengaruh yang signifikan atas peningkatan nilai kuat geser dan nilai CBR tanah lempung lunak tersebut (Kapantow, et al., 2018). Hasil uji CBR rendaman pada campuran 0% tras didapat nilai CBR sebesar 10,031% dan terus mengalami peningkatan nilai hingga pada campuran 15% sebesar 19,933% dan kembali turun pada campuran 20% menjadi 16,590%, dan pada nilai tegangan geser terus mengalami peningkatan yang awalnya 11,654 t/m<sup>2</sup> pada campuran 0% tras, menjadi 12,914 t/m<sup>2</sup> pada campuran 15% tras dan pada saat kadar 20% nilai tegangan geser kembali menurun menjadi 12,162 t/m<sup>2</sup>.

### **B.2.2. Tras Lompoto'o sebagai Material Pozolan**

Tras Lompoto'o adalah tras yang berada di Desa Lompoto'o, Kecamatan Suwawa Tengah, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo. Tras yang ada di desa ini selama ini masih digunakan oleh

masyarakat sekitar sebagai bahan baku untuk melakukan penimbunan pada pekerjaan jalan lingkungan di sekitar lokasi *quarry* pengambilan tras.



**Gambar 2.** Peta lokasi quarry Tras di Kab. Bone Bolango, Prov. Gorontalo

Hasil pengujian kandungan kimia yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa Tras Lompotoo memiliki kandungan Silika dan Alumina, meskipun dalam kadar yang sedang (Ismail, 2017). Ismail (2017) mengungkapkan bahwa jumlah rata-rata senyawa silika, alumina dan feroksida ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) pada sampel yang diuji memiliki kandungan di atas 70%. Sehingga, menurut SNI 2460:2014 yang merujuk pada Standar ASTM C618-92a, IDT menggolongkan Tras Lompoto'o ke dalam kelompok mineral pozolan alam (*Fly Ash* kelas N).

Tras Lompoto'o ini pada umumnya berwarna putih keabu-abuan dengan variasi ukuran butiran antara 0,074 – 2,38 mm. Potensi jumlah kandungan material Tras Lompoto'o yang terdapat di lokasi pengambilan diperkirakan mencapai 3-5 juta meter kubik. Selain ketersediaan yang banyak, posisinya yang terletak di permukaan membuat material ini mudah untuk diambil/ditambang (lihat Gambar 3).



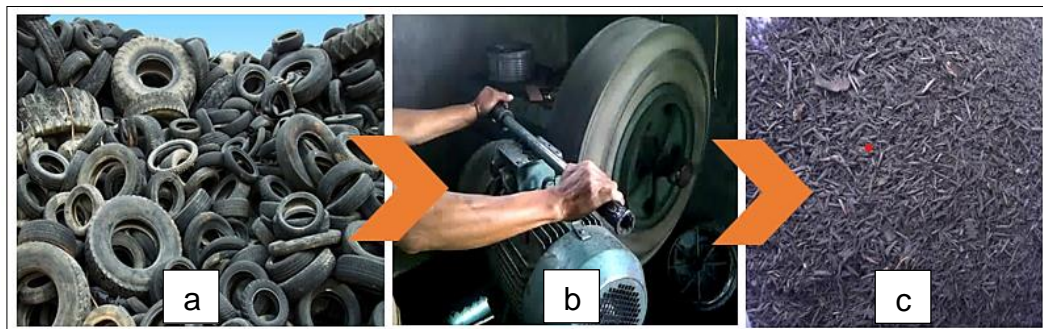
**Gambar 3.** Tras Lompoto'o di Desa Lompoto'o, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo

### **B.3. Perbaikan tanah dengan penambahan serutan ban bekas**

Selain stabilisasi dengan bahan-tambah yang berharap pada reaksi kimia yang terjadi antara bahan-tambah tersebut dengan tanah yang distabilisasi, juga bisa dilakukan stabilisasi tanah dengan menambahkan material sintesis berupa serutan ban bekas. Pemanfaatan serutan ban bekas ini diharapkan bisa berperilaku seperti material serat geosintetik, dimana material ini diharapkan bisa berperilaku seperti tulangan (*reinforcement*) pada tanah tersebut. Banyak peneliti menemukan hasil yang baik dalam penelitian yang melibatkan karet sebagai bahan stabilisasi (Shahin & Hong, 2010); (Tiwari, et al., 2012); (Tiwari, et al., 2014); (Assadollahi, et al., 2016); (Naval & Kumar, 2016); (Bayat, et al., 2019) (Gardete, et al., 2019).

Serutan ban adalah material yang diperoleh dari hasil proses daur ulang ban bekas. Assadollahi, dkk. (2016) mengungkapkan bahwa hasil dari serutan ini memiliki bentuk dan ukuran yang bervariasi, mulai dalam

bentuk bubuk (*powder*); remahan berbutir (*grains*); maupun sobekan (*shredded*). Ukuran bentuk bubuk (saringan #60 - #200); bentuk butir/granular (saringan #20 - #40); dan bentuk serutan untaian sepanjang 10 mm – 25mm (saringan #4 - #10). Ada juga hasil dari serutan ban bekas ini dalam proses daur ulangnya menghasilkan potongan dengan ukuran 25mm – 50mm, namun jumlahnya sangat sedikit (lihat Gambar 4).



**Gambar 4.** Proses serutan ban bekas. a). tumpukan ban bekas; b). proses pamarutan; dan c) hasil parut/serut ban

Gardete (2019) melakukan penelitian tentang analisis daya dukung tanah lempung yang stabil dengan serat ban bekas. Dia melakukan penambahan serat ban bekas dengan proporsi 1%; 2%; dan 3%: terhadap berat tanah lempung. Penelitian ini menganalisis daya dukung tanah melalui pengujian CBR dan kuat geser tanah. Tanah ini diklasifikasikan sebagai SC - *Clayey Sand* (USCS - ASTM D2487) dan A-4 (2) (AASHTO M 145-91).

### **C. Landasan Teori Timbunan Tanah-Karet Serut**

#### **C.1. Timbunan tanah untuk jalan**

Menimbun merupakan salah satu aktifitas dalam proyek konstruksi yang mencakup pada kegiatan pengadaan, pengangkutan, penghamparan

dan pemadatan tanah atau bahan berbutir yang sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan. Bahan timbunan yang dipilih sebaiknya tidak termasuk dalam kategori tanah berplastisitas tinggi, yang diklasifikasikan sebagai A-7-6 menurut AASHTO M145 atau sebagai CH menurut "*Unified* atau *Casagrande Soil Classification System*". Bila penggunaan tanah berplastisitas tinggi tidak dapat dihindarkan, bahan tersebut harus digunakan hanya pada bagian dasar dari timbunan atau pada penimbunan kembali yang tidak memerlukan daya dukung atau kekuatan geser yang tinggi. Tanah plastis seperti itu sama sekali tidak boleh digunakan pada 30 cm lapisan langsung di bawah bagian dasar perkerasan atau bahu jalan atau tanah dasar bahu jalan.

### **C.2. Klasifikasi timbunan dalam pekerjaan konstruksi**

Timbunan atau urugan dibagi dalam 2 macam sesuai dengan maksud penggunaannya yaitu:

- 1) **Timbunan biasa**, adalah timbunan atau urugan yang digunakan untuk pencapaian elevasi akhir *subgrade* yang disyaratkan dalam perencanaan tanpa maksud khusus lainnya. Timbunan biasa ini juga digunakan untuk penggantian *material existing subgrade* yang tidak memenuhi syarat.
- 2) **Timbunan pilihan**, adalah timbunan atau urugan yang digunakan untuk pencapaian elevasi akhir *subgrade* yang disyaratkan dalam perencanaan dengan maksud khusus lainnya, misalnya untuk mengurangi tebal lapisan fondasi bawah, untuk memperkecil gaya lateral tekanan tanah dibelakang dinding penahan tanah talud jalan.

### C.3. Permasalahan dan penanganan kerusakan timbunan pada jalan

Masalah yang sering timbul ketika mendirikan konstruksi jalan di atas tanah adalah sifat-sifat tanah yang buruk seperti daya dukung yang rendah, plastisitas yang tinggi dan beberapa sifat-sifat tanah lainnya. Maka dalam perencanaan konstruksi besarnya pengaruh tanah perlu diperhitungkan secara matang.

Fenomena jalan yang rusak seperti pada Gambar 5 banyak terjadi. Hal ini merupakan fenomena jalan rusak yang diakibatkan oleh kondisi tanah dasar dan lapis fondasi perkerasan yang tidak stabil. Masalah yang sering muncul pada tanah yang tidak stabil ialah tanah yang mengembang (*expansive soils*); intrusi air tana; stabilitas tanah dasar dan fondasi perkerasan akibat pembebanan yang berlebihan. Kondisi tanah retak-retak dan bergelombang serta badan jalan yang mengalami penurunan yang signifikan adalah salah satu contoh permasalahan yang banyak kita jumpai. Oleh karenanya, perlu dan menjadi hal yang menarik untuk dilakukan penelitian terkait pengembangan alternatif material perkerasan jalan.



**Gambar 5.** Contoh kerusakan tanah dasar pada jalan aspal

Usaha yang dapat dilakukan untuk menanggulangi masalah tersebut adalah dengan melakukan perbaikan tanah dengan cara stabilisasi.

#### **C.4. Pemanfaatan timbunan tanah kerukan-karet serut**

Pemanfaatan tanah kerukan yang memiliki sifat geoteknik yang jelek membutuhkan sebuah perlakuan yang mampu meningkatkan daya dukung dan stabilitas ketika dipergunakan. Stabilisasi tanah kerukan dengan bahan-tambah (*additive*) dari material alami yang bersifat pozolan belum sepenuhnya bisa menyelesaikan masalah sifat geoteknik tanah kerukan pada saat dimanfaatkan sebabagai tanah timbunan. Oleh karena itu, ide penambahan kekuatan (*reinforcement*) pada tanah keruk dengan menggunakan serutan ban bekas bisa menjadi salah satu alternatif yang perlu dicoba.

Hal ini dapat menjadi alternatif penanganan yang sangat menarik untuk pekerjaan yang meliputi penimbunan di atas tanah kerukan. Pada dasarnya, serutan-serutan ban bekas bisa berperan sebagai material yang memperkuat atau meningkatkan gaya geser pada tanah lunak. Hal ini ditujukan untuk meningkatkan faktor keamanan timbunan secara temporer atau sementara, utamanya untuk stabilitas kemiringan lereng timbunan.

#### **C.5. Perilaku tanah kerukan yang distabilisasi dengan tras dan diperkuat dengan serutan ban bekas**

Tanah kerukan akan distabilisasi dengan bahan-tambah. Penggunaan bahan-tambah dalam melakukan stabilisasi, didasari oleh beberapa pertimbangan yaitu: i) jenis tanah yang akan distabilisasi; ii) jenis





Adapun proporsi bahan tambah yang digunakan untuk stabilisasi:

- 1) Kapur: 3% - 9%
- 2) Semen: 3% - 10%
- 3) Abu Terbang: 10% - 25%

Tras sebagai bahan yang bersifat pozolan akan diperlakukan mirip dengan semen atau kapur. Sehingga, merujuk pada Tabel 1 dan Tabel 2, stabilisasi secara kimiawi dapat dicoba dilaksanakan pada tanah kerukan yang menjadi jenis tanah yang akan distabilisasi.

Peningkatan nilai kekuatan tanah tidak hanya cukup dengan melakukan pencampuran tanah dengan bahan-tambah dan material kimiawi. Tanah yang telah distabilisasi tersebut, akan dipadatkan dengan menggunakan metode pemadatan yang telah dipersyaratkan sesuai aturan rujukan yang berlaku.

#### **D. Matriks Penelitian Terdahulu**

Posisi penelitian sekarang ini terhadap penelitian-penelitian terdahulu, atau yang biasa dikenal sebagai *state of the art*, akan menunjukkan perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang serupa. Perbedaan-perbedaan tersebut bisa ditinjau dari segi jenis material yang digunakan, formulasi yang diterapkan, metode penelitian yang dijalankan maupun proporsi dan kombinasi material penelitian yang akan digunakan.

Penunjukan matriks penelitian terdahulu, selain membantu dalam menemu-kenali penelitian yang akan dilaksanakan, juga bisa mengantarkan penelitian yang akan dilakukan untuk menemukan kebaruan (*novelty*)

penelitian yang akan memperkuat dan memperkaya khasanah ilmu pengetahuan itu sendiri.

Berikut adalah matriks penelitian-penelitian sebelumnya:

Tabel 3. Matriks penelitian terdahulu

NO.	JUDUL / PENULIS / TAHUN	SAMPSEL DAN KOMPOSISI	HASIL PENELITIAN	TINJAUAN TERHADAP RENCANA PENELITIAN	
				PERSAMAAN	PERBEDAAN
1	<i>Experimental Study on Stabilization of Subgrade by using Waste Rubber Tyre Shread.</i> (Vaijwade Sujit. M; Wagh Aditya; Jadhav Akshay; Dabhade Chaitanya; Karad Rani; dan Pawar Kirti). 2019	Tanah lempung hitam; serutan karet ban. Komposisi serutan karet ban adalah 5%, 10%, 15% terhadap berat total tanah.	Nilai CBR akan optimum di persentasi 9% tambahan serutan karet ukuran lolos 4,75 mm (terendam dan tak terendam) sedangkan yang tertahan saringan 4,75 mm akan optimum di 6% untuk yang terendam dan 9% untuk yang sampel tak terendam. MDD maksimum di penambahan serutan karet 9% untuk yang lolos saringan 4,75 mm dan MDD maksimum di penambahan serutan karet 6% untuk yang tertahan di saringan 4,75 mm.	Menggunakan tanah lunak. Menggunakan serutan karet.	Tanah lempung hitam; komposisi serutan karet.
2	<i>Analysis of the Bearing Capacity of a Clayey Sand Stabilized with Waste Tire Fibers.</i> (Dinis Gardete; Rosa Luzia; Sofia Carronda; Alexandre Simão). 2019	Tanah berpasir; Limbah serat ban, yang serat baja dan tekstil dari ban dipisahkan dari karet remah. Serat tanah dan limbah ban dicampur. Isi 1%, 2% dan 3% serat limbah menurut berat kering.	Serat ban bekas, bulu halus, digunakan untuk stabilisasi tanah berpasir. Isi serat 1%, 2% dan 3% digunakan. Hasil menunjukkan penurunan pemadatan relatif dengan peningkatan konten serat. Nilai CBR menurun dengan meningkatnya konten serat. Pencampuran serat di tanah untuk spesimen CBR tidak sepenuhnya memuaskan, dan beberapa rumpun serat terlihat di tanah setelah pencampuran. Hasil uji geser sederhana menunjukkan peningkatan sudut gesek puncak dengan meningkatnya kandungan serat ban bekas, sedangkan kohesi puncak menurun dengan meningkatnya kadar serat ban bekas. Nilai sudut gesekan residu dan residu kohesi tidak menunjukkan tren yang jelas. Penggunaan bulu dalam stabilisasi tanah bisa menjadi pilihan yang layak secara teknis. Namun, prosedur pencampuran perlu dianalisis dengan cermat untuk setiap kasus untuk memastikan dispersi serat yang baik di tanah. Harus ditekankan bahwa hasil stabilisasi serat ban limbah dalam parameter kekuatan tampaknya bervariasi dengan sifat tanah.	Melakukan uji stabilisasi tanah. Menggunakan serat sintesis dari ban bekas.	Tidak menggunakan bahan stabilisasi kimiawi.

Lanjutan Tabel 3

NO.	JUDUL / PENULIS / TAHUN	SAMPel DAN KOMPOSISI	HASIL PENELITIAN	TINJAUAN TERHADAP RENCANA PENELITIAN	
				PERSAMAAN	PERBEDAAN
3	<i>Effect of rice husk ash admixed with treated sisal fibre on properties of lateritic soil as a road construction material.</i> (J.E. Sani, P. Yohanna, I.A. Chukwujama), 2018	Tanah Laterit (tanah merah); Abu sekam padi atau <i>Rice Husk Ash</i> (RHA); Serat Sisal ( <i>Agave Sisalana</i> ). Tanah alami berada di bawah klasifikasi A-7-6 (10) menggunakan klasifikasi <i>American Association of State Highway dan Official Officer</i> (AASHTO) dan <i>CL (Lean Clay)</i> menurut <i>Unified Soil Classification System</i> (USCS). Komposisi RHA 0; 2; 4; 6; dan 8%. Serat Sisal 0; 0,25; 0,5; 0,75; dan 1% terhadap berat kering.	Hasil tes laboratorium menunjukkan bahwa MDD menurun dari 1,85 mg / m <sup>3</sup> untuk tanah alami menjadi 1,73 mg / m <sup>3</sup> pada 0% RHA / 1% kandungan SF. OMC meningkat dari 18% untuk tanah alami menjadi 26,5% pada 6% RHA / 1% konten SF. UCS meningkat dari 100,57 kN / m <sup>2</sup> untuk tanah alami menjadi 139,38 kN / m <sup>2</sup> pada 0% RHA / 0,25% konten SF berdasarkan berat kering tanah. Tren peningkatan berlanjut hingga 696,63 kN / m <sup>2</sup> pada kadar 6% RHA / 0,75% SF yang optimal berdasarkan berat kering tanah, yang memenuhi nilai UCS minimum peraturan 687–1373 kN / m <sup>2</sup> untuk aplikasi perkerasan. Indeks reliabilitas bervariasi untuk semua variabel yang dipertimbangkan dengan MDD dan OMC yang memiliki efek lebih signifikan pada UCS. Berdasarkan hasil yang diperoleh, campuran optimal 6% RHA / 0,75% konten SF berdasarkan berat kering tanah direkomendasikan untuk digunakan sebagai bahan dasar untuk jalan dengan layanan beban ringan.	Tanah yang distabilisasi. Menggunakan serat. Pemanfaatan untuk konstruksi jalan. Melakukan uji MDD; OMC; UCS;	Tanah Laterit; serat sisal (serat alami); menggunakan RHA.
4	<i>Stabilization Of Sandy Soil Using Recycle Waste Tire Chips</i> . (Mohammed Abdullateef Al-Nearmi), 2018	Tanah berpasir; remahan karet bekas. Tipe sampel tanah ini diklasifikasikan sebagai pasir dengan gradasi buruk dan terdiri dari 97% pasir dan 3% partikel yang lebih halus. Persen komposisi tambahan remahan karet adalah 0%; 2%; 4%; 6% dan 8%.	Keripik ban dapat digunakan secara efektif untuk meningkatkan sifat mekanis tanah berpasir. Penambahan keripik ban ke pasir mengurangi gravitasi spesifik dan kepadatan kering dan sedikit mengurangi kadar air optimal. Keripik ban bekas meningkatkan kekuatan geser pasir karena meningkatkan ikatan fisik antara partikel tanah sehingga meningkatkan sudut gesek dan kohesi. CBR perendaman meningkat hingga lebih dari 1,6 kali dibandingkan dengan pasir yang tidak stabil ketika inklusi kandungan keripik ban meningkat hingga 8% karena meningkatnya tekanan keliling dan menopang beban yang lebih tinggi. Menggunakan bahan sisa akan berkontribusi untuk mengurangi biaya konstruksi, dan menyelesaikan masalah pembuangan bahan-bahan ini dan menuju lingkungan hijau tanpa bahan pembuangan.	Melakukan uji stabilisasi dengan memanfaatkan bahan tambah karet + tanah	Tanpa bahan stabilisasi kimia. Menggunakan tanah berpasir ( <i>sandy soil</i> )

Lanjutan Tabel 3

NO.	JUDUL / PENULIS / TAHUN	SAMPSEL DAN KOMPOSISI	HASIL PENELITIAN	TINJAUAN TERHADAP RENCANA PENELITIAN	
				PERSAMAAN	PERBEDAAN
5	<b>Soil Stabilization Using Bottom Ash and Areca Fiber: Experimental Investigations and Reliability Analysis.</b> (Sooraj P. Sudhakaran; Anil Kumar Sharma; Sreevalsa Kolathayar). 2018	Tanah : <i>Bottom Ash (BA)</i> dengan komposisi 0; 10; 20; 30; dan 40%. Serat <i>Areca</i> dengan komposisi 0; 0,5; 1,0; 1,5%. Menggunakan semen dengan komposisi 3%.	Kinerja tanah dasar yang dimodifikasi divalidasi menggunakan pendekatan reliabilitas, yang menemukan bahwa tanah dasar dengan serat BA dan pinang tentu saja dapat digunakan sebagai bahan perkerasan untuk aplikasi volume rendah. Hasil uji UCS pada campuran tanah-BA-semen dengan berbagai persentase serat pinang menunjukkan bahwa penambahan serat meningkatkan kekuatan campuran tanah-BA-semen secara signifikan. Studi ini menegaskan bahwa curing memiliki pengaruh signifikan terhadap perilaku kekuatan campuran tanah-BA-semen, dan ini dapat dikaitkan dengan proses hidrasi semen dengan tanah dan BA ( <i>Bottom Ash</i> ).	Melakukan stabilisasi tanah. Pemanfaatan untuk konstruksi jalan. Menggunakan bahan stabilisasi dan serat.	Serat yang digunakan serati alami (serat <i>Areca</i> ). Bahan stabilisasi menggunakan <i>Bottom Ash (BA)</i> . Bahan pengikat ( <i>bonding</i> ) menggunakan semen.
6	<b>Effect of the type of soil on the cyclic behaviour of chemically stabilised soils unreinforced and reinforced with polypropylene fibres.</b> (Paulo J. Venda Oliveira; António A.S. Correia; João C.A. Cajada). 2018	Tanah lempung dan tanah lanau. Menggunakan semen sebagai bahan stabilisasi tanah. Serat Polypropylene dengan ukuran panjang 12 mm dan f 32 mm. <i>According to the manufacturer's data, the fibres present a great flexibility, high specific surface (110 m<sup>2</sup>/kg), density of 905 kg/m<sup>3</sup>, tensile strength of 250 N/mm<sup>2</sup> and an elasticity modulus of 3500–3900 /mm<sup>2</sup>.</i>	Hasil percobaan menunjukkan bahwa tahap siklik menginduksi peningkatan kekuatan dan UCS dan efek ini lebih besar untuk tanah yg distabilisasi yang tidak diperkuat. Dimasukkannya serat dalam tanah yang stabil cenderung meningkatkan kekuatan untuk bahan dengan tingkat stabilisasi yang rendah, memiliki efek sebaliknya untuk bahan yang lebih kaku.	Menguji UCS, melakukan stabilisasi secara kimiawi, menggunakan serat sintetis.	uji beban siklik, menggunakan bahan stabilisasi dengan semen. Jenis tanah lanau dan tanah lempung. Serat sintesis yang digunakan adalah <i>Polypropylene (PP)</i> .
7	<b>Effect Of The Fibers Type On Improving The Bearing Capacity Of Clayey Soils.</b> (A. Sahebkrum Alamdari; R. Dabiri). 2017	Tanah lempung tipe CH dan tipe CL. Serat <i>Polypropylene (PP)</i> diameter 23-25 mm; panjang 38 dan 50 mm; Serat kaca ( <i>fiber glass</i> ) diameter 17-19 mm ; panjang 3-50 mm.	Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai parameter seperti kohesi (c) dan sudut gesekan internal ( $\phi$ ) meningkat dengan peningkatan FRP. Di tanah dan akibatnya meningkatkan kekuatan tekan terutama kekuatan tarik tanah liat. Di antara hasil yang diperoleh orang bisa merujuk pada efek tinggi serat polypropylene sehubungan dengan serat kaca dalam meningkatkan kapasitas daya dukung tanah.	Menggunakan tanah lempung dan serat sintesis.	Serat sintesis yang digunakan adalah <i>polypropylene</i> dan <i>fiber glass</i> .

Lanjutan Tabel 3

NO.	JUDUL / PENULIS / TAHUN	SAMPSEL DAN KOMPOSISI	HASIL PENELITIAN	TINJAUAN TERHADAP RENCANA PENELITIAN	
				PERSAMAAN	PERBEDAAN
8	<b>Assessment of geotechnical properties of uncemented/cemented clayey soil incorporated with waste crumb rubber.</b> (J.S. Yadav; S.K. Tiwari). 2017	Tanah lempung; remahan karet bekas; Semen <i>Portland</i> . Tanah lempung dengan plastisitas sedang. Komposisi remahan karet bekas adalah 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10% terhadap berat kering tanah. Kandungan semen sebesar 0%; 3% dan 6% terhadap berat kering tanah lempung.	Kuat tekan bebas dan kuat tarik belah dari tanah liat yang disemen dan mengandung remahan karet berkurang dengan peningkatan persentase karet remah sedangkan regangan aksial, dan diameter ditemukan meningkat dengan penambahan remah karet hingga 5% setelah itu mulai berkurang. Nilai CBR, tekanan bengkok, dan indeks ketangguhan dari tanah lempung yang tidak disemen / disemen secara signifikan dipengaruhi oleh penggabungan karet remah.	Menggunakan tanah lempung, melakukan stabilisasi secara mekanis dan kimiawi. Menggunakan bahan tambah dari bahan sintesis.	Bukan Tanah lunak ( $q_{day} = 16, 35$ kPa). Menggunakan semen <i>portland</i> .
9	<b>Effect of granulated rubber on shear strength of fine-grained sand.</b> (Sayed Mahmoud Anvari; Issa Shoooshpasha; Saman Soleimani Kutanaei). 2017	Pasir berbutir halus Babolsar; remahan karet dengan ukuran 1-5 mm. Kandungan remahan karet adalah (0%, 5%, 10%, 20% and 30%)	Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pencampuran butiran karet meningkatkan kekuatan geser pasir berbutir halus pada kepadatan relatif sedang dan tegangan normal rendah. Tingkat peningkatan kekuatan geser adalah fungsi dari kandungan karet, kerapatan relatif dan tegangan normal. Hasilnya menunjukkan bahwa pada kerapatan relatif 50%, dengan menambahkan karet granulasi 5%, sudut gesek internal pasir meningkat dari $35,1^{\circ}$ menjadi $39,2^{\circ}$ .	Menggunakan bahan tambah karet. Melakukan pengujian terhadap sifat mekanis tanah berpasir halus komposit karet.	Tanah lunak; karet berbentuk butiran. Tidak menguji UCS dan CBR (terendam dan tak-terendam)
10	<b>Fiber Reinforced- Fly Ash Stabilized Expansive Soil Mixes as Subgrade Material in Flexible Pavement.</b> (Akshaya Kumar Sabat; Abinash Pradhan). 2016	Tanah ekspansif; serat <i>Polypropilene (PP)</i> ; <i>fly ash</i> . <i>Fly ash</i> 0%-30% dengan interval 5%. Jumlah serat bervariasi 0 hingga 1,5% dengan kenaikan 0,25% sebagai substitusi tanah sampul. Panjang serat PP adalah 6mm, 12mm dan 24mm.	Persentase optimal serat polipropilen ditemukan 1% dan panjang optimal 12 mm. Persentase optimal <i>fly ash</i> untuk stabilisasi tanah ekspansif adalah 20%.	Menggunakan bahan stabilisasi; menggunakan serat sintesis; diperuntukkan untuk aplikasi di jalan.	Bahan stabilisasi <i>fly as</i> ; serat <i>Polypropylene (PP)</i> .

Lanjutan Tabel 3

NO.	JUDUL / PENULIS / TAHUN	SAMPSEL DAN KOMPOSISI	HASIL PENELITIAN	TINJAUAN TERHADAP RENCANA PENELITIAN	
				PERSAMAAN	PERBEDAAN
11	<b>Characteristics Of Soil Test Sediments Stabilized With Portland Cement And Fly Ash.</b> (Hamzah Yusuf; Nursamiah; dan Hasriana). 2016	Tanah sedimen, semen portland (5%, 10%, 20%) dan fly ash (2.5%, 5%, 10%).	Hasil pengujian CBR dan <i>Unconfined Compressive Strength</i> menunjukkan bahwa variasi sedimen tanah (asli) dibandingkan dengan variasi campuran dengan penambahan semen <i>Portland</i> dan fly ash memiliki nilai lebih tinggi daripada sedimen tanah (asli) dan terus meningkat hingga variasi campuran 20% Portland Cement + 10% fly ash.	Menggunakan tanah sedimen. Melakukan stabilisasi dengan bahan kimia sebagai aktivator.	Bahan aktivator semen dan fly ash. Tidak menggunakan serat sebagai usaha tambahan stabilisasi secara mekanis.
12	<b>Plate Load Tests on Granular Soils Reinforced with Waste Tire Fibers ;</b> (Sanjeev Naval dan Arvind Kumar); 2016	Penelitian ini menggunakan tanah granular (pasir sungai) yang diperkuat serat ban bekas dengan proporsi 0,25%; 0,50%; 0,75%; dan 1,0% menurut berat ketebalan lapisan yang perkuatan pada kepadatan relative Relative Densities (RD) 50%, 60%, 70%, 80%, dan 90%. Ketebalan lapisan yang diperkuat dipertahankan 1,5B (B adalah lebar pijakan). Rasio aspek serat yang digunakan adalah 22,5.	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa daya dukung meningkat pada semua isi serat. Peningkatan daya dukung maksimum dan pengurangan penurunan (settlement) dalam hal Bearing Capacity Ratio (BCR) dan Settlement Reduction Factor (SRF), telah dicapai pada kadar serat 0,75%.	Menggunakan bahan material karet ban bekas. Menganalisis CBR.	Bentuk serat ban; jenis tanah granular (pasir sungai); tanpa mencampurkan bahan stabilisasi kimiawi.
13	<b>Minimisation of Subgrade Thickness Using Natural and Synthetic Additives in Roads.</b> (V.Saravana Selvam, M.Sivaraja, K.Raja, K.S.Navaneethan, G.Dheeran Amarapathi). 2016	Tanah lempung ekspansif. <i>Coir fiber</i> , <i>Nylon tyre cord fiber</i> and <i>Bio enzyme</i> . Serat sebagai aditif dalam persentase 0,1%, 0,2%, 0,3% dan 0,4%. <i>Non-traditional Bio-enzyme stabilizer</i> .	Sampel serat sabut menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi daripada sampel serat tali ban dan sampel tanpa serat. ketebalan perkerasan dapat dikurangi dengan penambahan <i>Bioenzyme</i> yang koheren dengan tanah yang ditambahkan serat tali ban.	Mengurangi tebal perkerasan. Sampel yang digunakan sampel tanah lempung. Serat yang digunakan serat alami dan sintetis.	Menggunakan bahan stabilisasi enzim. Serat yang digunakan serat tali ban.

Lanjutan Tabel 3

NO.	JUDUL / PENULIS / TAHUN	SAMPLE DAN KOMPOSISI	HASIL PENELITIAN	TINJAUAN TERHADAP RENCANA PENELITIAN	
				PERSAMAAN	PERBEDAAN
14	<b>Effects of Shredded Rubber Tires as a Fill Material on the Engineering Properties of Local Memphis Loess</b> (Andrew Assadollahi, Brian Harris dan Jodie Crocke). 2016	Tanah lepas Memphis; Tiga ukuran serutan ban yang berbeda meliputi: ukuran saringan 6-14; saringan 10-30; dan saringan 50-80. Kandungan serutan ban bekas yang digunakan adalah 5%; 10%; 15%; dan 20% untuk pengujian kompaksi kemudian proporsi 5%-50% serutan ban bekas dengan interval 5% untuk pengujian permeabilitas	Hasil yang diperoleh menunjukkan pengaruh perbedaan jumlah dan ukuran ban karet serut terhadap sifat geoteknis Tanah Memphis. Berat unit kering maksimum campuran tanah-ban menurun dengan semakin banyaknya serutan ban yang ditambahkan, namun kadar air optimum relatif tidak berubah. Permeabilitas campuran tanah-ban juga meningkat seiring dengan peningkatan persentase serutan ban.	Menggunakan serutan ban karet; menggunakan tanah lunak.	Ukuran serutan ban bekas; tanpa bahan stabilisasi.
15	<b>Chemically Stabilized Soft Clays for Road-Base Construction.</b> (Xin Kang, S.M.A.SCE; Gi-Chun Kang; Kuang-Tsung Cheng; and Louis Ge, M.A.SCE). 2015	Tanah lempung lunak, Fly Ash (FA) kelas C; Lime Kiln Dust (LKD)	Disimpulkan bahwa stabilisasi tanah dasar dengan Kelas C FA dan LKD hemat biaya untuk konstruksi dasar jalan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan FA Kelas C dapat meningkatkan berat unit kering tanah yang <i>treated</i> FA, meningkatkan UCS, dan meningkatkan <i>resilient</i> modulus. Persamaan regresi dikembangkan untuk mengorelasikan modulus ulet dengan waktu <i>curing</i> .	Aplikasi pada fondasi jalan; menggunakan bahan stabilisasi pada tanah; menganalisis UCS.	Material lempung adalah Bangkok clay; Fly Ash kelas C; LKD.
16	<b>Shear and Compressibility Behavior of Sand-Tire Crumb Mixtures.</b> (Felix, N. L. Ling; Khairul Anuar Kassim; Ahmad Tarmizi Abdul Karim; Jing Hui, Kan). 2014	material menggunakan pasir ( <i>sand</i> ) dengan diameter 0,34 mm; crumb tire dengan ukuran 1,39 - 2,20 mm. Pencampuran dengan komposisi (0, 10, 20, 30, and 40%) terhadap volume.	Tidak seperti penelitian lain di mana <i>tire chips</i> atau serutan ban digunakan, kekuatan geser campuran S-TC telah ditemukan menurun dengan meningkatnya jumlah remah ban dalam campuran. Peningkatan signifikan dalam regangan aksial yang berkaitan dengan tegangan puncak deviator telah diamati. Ini dapat terkait dengan kapasitas daktilitas campuran, seperti yang dikonfirmasi oleh tes kerapuhan. Juga telah diamati bahwa proporsi yang lebih besar dari strain plastik berkembang setelah siklus pertama pembongkaran, dan karenanya penyelesaian yang terkait dengan penerapan campuran dapat dikurangi secara signifikan dengan preloading.	Menggunakan material geokomposit ban.	Material pasir. Tanpa bahan stabilisasi kimiawi.



Lanjutan Tabel 3

NO.	JUDUL / PENULIS / TAHUN	SAMPel DAN KOMPOSISI	HASIL PENELITIAN	TINJAUAN TERHADAP RENCANA PENELITIAN	
				PERSAMAAN	PERBEDAAN
17	<i>Improving Geotechnical Behavior of Clayey Soils with Shredded Rubber Tires - Preliminary Study</i> (Binod Tiwari, Beena Ajmera, Suzanne Moubayed, Alexander Lemmon, Kelby Styler dan Josh Guerrero Martinez). 2014	Tanah lempung dengan beberapa fraksi gradasi serutan ban bekas. Fraksi saringan yang digunakan adalah saringan 6-14; saringan 10-30; saringan 30-50; saringan 50-80; dan saringan 80-200. Tanah yang digunakan adalah tanah lempung kaolin yang ditambahkan dengan 50% Pasir Ottawa. Proporsi serutan karet yang digunakan adalah 2%; 4%; 6%; 8%; 10%; 15%; 20%; 25% dan 30% terhadap berat kering tanah	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serutan ban bekas sebanyak 8% dengan ukuran 0,5-0,178 mm (#30-#80) dapat meningkatkan permeabilitas massa tanah. Sebaliknya, ketika serutan ban bekas sebanyak 8% berukuran 1,40-3,35 mm (#6-#14) ditambahkan ke dalam massa tanah, permeabilitasnya ditemukan menurun. Terjadi penambahan nilai kuat geser dan kuat tekan bebas ketika proporsi 6% serutan ban bekas dalam segala ukuran ditambahkan ke massa tanah. Secara umum dari hasil pengujian yang dilakukan, terlihat bahwa penambahan serat ban bekas yang semakin kecil akan menambah kuat tekan bebas tanah yang diuji.	Menggunakan tanah lunak; menggunakan serutan karet ban.	Tanah kerukan, ukuran serutan ban, tanpa menambahkan bahan stabilisasi kimiawi.
18	<i>Pavement Subgrade Stabilization Using Polymers: Characterization and Performance.</i> (Srinath R. Iyengar, Eyad Masad; Ana K. Rodriguez; Hassan S. Bazzi; Dallas Little; Howard J. M. Hanley). 2013	Tanah dari negara Qatar ( <i>Qatari Soil</i> ). Menggunakan 3 macam Polymer (Polymer-R dari Afrika Selatan dengan komposisi 0,25; 0,5; dan 1,0%. Kemudian polymer-E dari Amerika serikat dengan komposisi 0,5; 1,0; dan 2,0%. dan Polymer-S juga dari Amerika serikat dengan komposisi 0,25; 0,5; dan 1,0%). Bahan pengikat kimiawi berupa semen tipe-1 dengan komposisi 5; 7; dan 9%.	Kekuatan tekan tanah yang distabilkan dengan polimer lebih unggul dari pada tanah yang tidak distabilkan dan yang distabilkan menggunakan semen. Hasil analisis lebih lanjut menunjukkan manfaat menggunakan tanah dasar yang distabilkan dalam meningkatkan kinerja perkerasan. Yang paling penting secara praktis adalah bahwa stabilisasi tanah dasar polimer secara signifikan mengurangi kecepatan gerak tanah dasar. Akibatnya, stabilisasi tanah dasar polimer merupakan pertimbangan utama untuk perkerasan abadi, terutama mengingat lalu lintas truk yang sangat tinggi di Qatar.	Melakukan stabilisasi tanah untuk lapisan perkerasan jalan.	Menggunakan polymer; bahan stabilisasi menggunakan semen portland tipe 1.

Lanjutan Tabel 3

NO.	JUDUL / PENULIS / TAHUN	SAMPSEL DAN KOMPOSISI	HASIL PENELITIAN	TINJAUAN TERHADAP RENCANA PENELITIAN	
				PERSAMAAN	PERBEDAAN
19	<b>Pengaruh Pencampuran Tras Dan Kapur Pada Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Daya Dukung;</b> ( Hairman Palar; S. Monintja; Turangan A. E.; dan A. N. Sarajari); 2013	Penelitian ini menggunakan bahan stabilisasi kapur dan tras, dengan persentase kapur 2.5% dan variasi tras 5%,10%,15%, dan 20%. Tanah diambil dari Desa Warembungan, Kecamatan Pireleng. Pengujian yang dilakukan ialah pengujian CBR dan Cone Penetrometer.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan Kapur dan Tras dapat meningkatkan nilai daya dukung. Pada pencampuran kapur 2.5% dan Tras 20% terjadi peningkatan nilai CBR Rendaman sebesar 116.7% dan Nilai CBR Lapangan pada alat Cone Penetrometer sebesar 455.4% dari nilai CBR tanah asli dan pada nilai daya dukung terjadi peningkatan dengan menggunakan alat CBR Rendaman sebesar 56.6% dan pada percobaan CBR Lapangan dengan alat Cone Penetrometer sebesar 390.4% dari nilai daya dukung tanah asli	Menggunakan sampel tanah tras; melakukan uji CBR.	Menggunakan bahan stabilisasi kapur; menggunakan tanah lempung ekspansif.
20	<b>The Utilization of Bili-bili Dam's Dredging Sediment Stabilized with Cement for Construction Material.</b> (Hamzah Yusuf; M.S.Pallu; L.Samang; M.W. Tjaronge). 2012	Tanah sedimen Bili-bili; semen. Penambahan semen 5%, 10%, dan 20%. Waktu perendaman 3, 7, 14, 28 hari.	Berdasarkan uji dan analisis karakteristik tanah dasar dari endapan pengerukan bendungan Bili-bili, menunjukkan bahwa jenis tanahnya adalah mineral lempung dalam bentuk tanah lempung bertumpuk. Dengan menggunakan metode stabilisasi, ada peningkatan kekuatan tanah dengan semen distabilkan. Itu bisa dilihat dari penambahan semen 5%, 10% dan 20% dan waktu perendaman.	Material sedimen hasil pengerukan dari Waduk Bili-bili. Menggunakan bahan stabilisasi.	Bahan stabilisasi menggunakan semen.
21	<b>Utilization of Shredded Rubber Tires for Cement-Stabilizes Soft Clays.</b> (Mohamed A. Shahin; dan Liao S. Hong). 2010	Menggunakan tanah lempung lunak; stabilisasi dengan semen <i>portland</i> 15% terhadap berat kering; serutan karet dengan ukuran 400µm dan 4 mm dengan komposisi 1%, 4%, dan 7% untuk tiap ukuran butiran; waktu perawwatan ( <i>curing time</i> ) selama 7 hari.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serutan karet dapat meningkatkan daktilitas dan kuat tarik tanah lunak yang distabilisasi, namun menurunkan kuat tekan maksimum dan modulus elastisitas.	Menguji UCS, <i>Tensile strength</i> . Menggunakan bahan stabilisasi.	Menggunakan material stabilisasi semen, menggunakan tanah lunak Ukuran serutan karet

Lanjutan Tabel 3

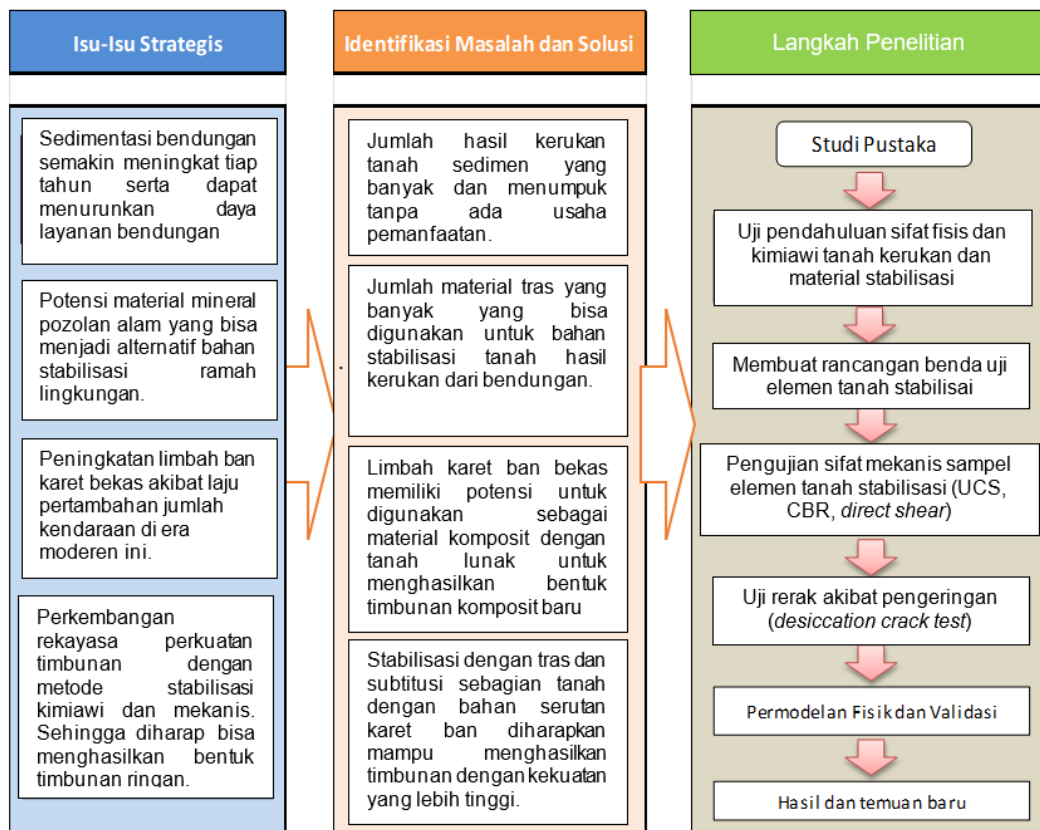
NO.	JUDUL / PENULIS / TAHUN	SAMPLE DAN KOMPOSISI	HASIL PENELITIAN	TINJAUAN TERHADAP RENCANA PENELITIAN	
				PERSAMAAN	PERBEDAAN
22	<b>Experimental Evaluation of Strength Characteristics of Stabilized Dredged Soil.</b> (Yun Tae Kim; J. Ahn; W. J. Han; dan M. A. Gabr). 2010	Using dredged soil, bottom ash, cement and air foam. Semen campuran tanah pada empat persentase berbeda 8, 12, 16, dan 20%. Kadar air bervariasi dari 120 hingga 150%, dan kadar busa udara (air foam) bervariasi dari 0 hingga 3%. abu dasar (bottom ash) dicampur secara seragam pada lima isi yang berbeda 0, 25, 50, 75, dan 100%.	Perubahan kecil dalam konten busa udara memberikan kontribusi signifikan terhadap penurunan berat satuan CGM. Kuat tekan tidak terbatas (UCS) meningkat dengan peningkatan kadar semen atau abu dasar, tetapi berkurang dengan peningkatan kadar air atau kadar busa udara (air foam). <i>Secant modulus</i> CGM berada dalam kisaran 185-480 kali dari kuat tekan tidak terbatas.	Menggunakan material hasil pengerukan. Merupakan model material geokomposit. Kondisi terendam dan tak terendam. Menggunakan bahan stabilisasi.	Bahan stabilisasinya semen, bottom dan fly ash, air foam. Tindak menggunakan serat sintesis. Kadar komposisi material geokomposit dan komposisi bahan stabilisasi tanah.
23	<b>Pengaruh Tras Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Lempung.</b> (Wiqoyah, Qunik.). 2007	Tanah lempung inorganik berplastisitas tinggi; bahan aktivasi tras. Komposisi gypsum 2.5%, 5%, 7.5%, dan 10% terhadap berat; 3 hari pemeraman.	menunjukkan peningkatan nilai sudut gesek dalam tanah ( $\phi$ ) dan nilai kohesi (c) seiring dengan penambahan tras. Peningkatan maksimum terjadi di 10% penambahan tras, yaitu 5, 15° dan 16,43 kg/m <sup>2</sup> .	Sampel tanah lunak. Melakukan penambahan bahan stabilisasi.	Menggunakan tanah lempung berplastisitas tinggi (bukan tanah kerukan).

## **E. Kerangka Pikir Penelitian**

Kerangka pikir dalam sebuah penelitian adalah sebuah model konsep yang disusun dengan merujuk pada permasalahan dan isu-isu strategis terkait topik penelitian yang berkembang saat ini. Kerangka pikir penelitian ini menggambarkan secara umum, tentang keterkaitan dan relasi antar variabel berupa isu-isu strategis dengan teori-teori penyelesaian yang ada. Kerangka pikir penelitian ini juga akan menawarkan sebuah alternatif penyelesaian guna menjawab permasalahan yang diteliti.

Timbunan tanah kerukan-serutan karet dari ban bekas yang distabilisasi dengan mineral pozolan alami (tras) diharapkan dapat menjadi jawaban terhadap penyelesaian masalah sedimentasi dan lingkungan sebuah bendungan di satu sisi, dan menjadi alternatif timbunan geokomposit baru di sisi lainnya. Pemanfaatan timbunan ini di pekerjaan jalan diharap bisa menjadi hasil nyata dalam penanganan isu strategis yang ada.

Bentuk kerangka pikir penelitian ini akan disajikan pada gambar di bawah ini:



**Gambar 6.** Kerangka pikir penelitian timbunan tanah kerukan – karet serutan yang distabilisasi dengan pozolan alami