PEMANFAATAN LIMBAH TAILING BAUKSIT LUMPUR MERAH (*RED MUD)* SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN TANAH TIMBUNAN YANG DISTABILISASI DENGAN SEMEN TINJAUAN TERHADAP SIFAT FISIS TANAH

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Sipil

Jurusan Teknik Sipil

Oleh :

AFZAN

D1011211132

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2026

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Afzan

NIM : D1011211132

menyatakan bahwa dalam SKRIPSI yang berjudul "Pemanfaatan Limbah Tailing Bauksit Lumpur Merah (*Red Mud)* Sebagai Bahan Tambahan Tanah Timbunan yang Distabilisasi Dengan Semen Tinjauan Terhadap Sifat Fisis Tanah" tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan Saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Rujukan.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 20 Juli 2026

Afzan
D1011211132

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

PEMANFAATAN LIMBAH TAILING BAUKSIT LUMPUR MERAH (*RED MUD*) SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN TANAH TIMBUNAN YANG DISTABILISASI DENGAN SEMEN TINJAUAN TERHADAP SIFAT FISIS TANAH

Jurusan Teknik Sipil
Program Studi Sarjana Teknik Sipil

Oleh:

Afzan
NIM. D1011211132

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 20 Juli 2026
dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana

Susunan Penguji Skripsi

Dosen Pembimbing Utama	: Dr.-Ing. Ir. Eka Priadi, M.T. NIP. 196303241990031002
Dosen Pembimbing Kedua	: Prof. Dr. rer. nat. Ir. R.M. Rustamaji, M.T., IPU NIP. 196801161994031003
Dosen Penguji Utama	: Ir. Vivi Bachtiar, S.T., M.T., IPM NIP. 197001051997022003
Dosen Penguji Kedua	: Ir. Yanti Octaviana, S.T., M.T NIPPPK. 197410092023212007

Pontianak, 20 Juli 2026

Dekan,

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP. 196712231992031002

Pembimbing Utama

Dr.-Ing. Ir. Eka Priadi, M.T.
NIP. 196303241990031002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, Shalawat serta salam kita limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa kita dari alam kebodohan ke alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Persembahan tugas akhir ini dan rasa terima kasih aku ucapakan untuk :

Keluarga tercinta

Sebagai tanda bakti serta hormat yang tiada hingga, aku persembahkan karya kecil ini kepada ibu Nuraini dan bapak Moksin yang telah memberikan dukungan, ridho, do'a serta motivasi baik secara moril maupun materil yang tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat ibu dan bapak bahagia karena kusadar, selama ini belum bisa membuat bangga. Serta terima kasih untuk Ade Arianti, Muhammad Abidzar, dan yang terkecil Azzellia Khairunnisa telah memberi semangat dan inspirasi untuk aku menyelesaikan skripsi.

Terima kasih selama ini telah membuat ku mengerti apa itu rasanya bersyukur dan arti keras nya hidup saat beranjak dewasa. Buat bapak yang selalu mendorong ku untuk memberanikan diri mengajariku apa arti menjadi lelaki. Temanilah langkah anakmu selamanya…

Support System

serta kupersembahkan karya kecil ini untuk seseorang yang Istimewa, yang tidak memiliki ikatan darah, yang selalu ada di saat senang maupun susah terimakasih telah menjadi rumah tempat beristirahat di tengah lelahnya lembar revisian. Kesabaran serta dukungan tanpa henti darimu membuat langkahku terasa lebih ringan. Semoga karya kecil ini menjadi awal kebikan untuk langkah kita Bersama ke depan…

Aura Tasya Arviandita

Motto

"Maka sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan."

QS. Al-Insyirah: 5-6

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan Rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul "Pemanfaatan Limbah Tailing Bauksit Lumpur Merah (*Red Mud*) Sebagai Bahan Tambahan Tanah Timbunan yang Distabilisasi Dengan Semen Tinjauan Terhadap Sifat Fisis Tanah".

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang selalu menyertai dan memberikan kelancaran dalam hidup penulis.
2. Orang Tua dan Keluarga yang selalu memberikan semangat melalui moral maupun moril serta mendoakan saya selama ini.
3. Bapak Dr. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.
4. Ibu Dr. Ir. Nurhayati, S.T., M.T,.IPM.selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas
   Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.
5. Ibu Dr. Ir. Eti Sulandari, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Sipil Universitas Tanjungpura Pontianak.
6. Ibu Ir. Yoke Lestyowati, MT. Selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis.
7. Bapak Dr.-Ing. Ir. Eka Priadi, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama.
8. Bapak Prof. Dr. rer. nat. Ir. R.M. Rustamaji, M.T., IPU. selaku Dosen Pembimbing Kedua.
9. Ibu Ir. Vivi Bachtiar, S.T., M.T., IPM. selaku Dosen Penguji Utama.
10. Ibu Ir. Yanti Octaviana, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Kedua.
11. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan banyak ilmu yang berharga selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Tanjungpura Pontianak.

12. Teman-teman Teknik Sipil Angkatan 2021 yang telah bersedia membantu penulis hingga dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
13. Teman-teman grup A6 yang selalu bersedia membantu penulis hingga dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.

Dengan kerendahan hati, saya menyadari bahwa masih terdapat kekurangan pada tugas akhir ini dengan keterbatasan ilmu pengetahuan, kemampuan, dan pengalaman yang diperoleh inilah hasil maksimal yang dapat saya berikan, untuk itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat saya harapkan, guna penyempurnaan dalam penulisan tugas akhir ini.

Demikian kata pengantar ini saya disampaikan, saya mengucapkan terimakasih dan semoga dengan adanya tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca khususnya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak, terutama untuk perkembangan ilmu pengetahuan bidang teknik sipil.

Pontianak, 20 Juli 2026

Penulis,

Afzan
NIM. D1011211132

ABSTRAK

Kegiatan pengolahan bauksit menjadi alumina di Kalimantan Barat menghasilkan limbah padat berupa lumpur merah (*red mud*) dalam jumlah besar yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dimanfaatkan secara optimal. Di sisi lain, kebutuhan material tanah timbunan untuk pembangunan infrastruktur jalan terus meningkat, sementara ketersediaan material alam semakin terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan limbah lumpur merah (*red mud*) sebagai bahan tambahan pada tanah timbunan yang distabilisasi dengan semen terhadap sifat fisis tanah. Adapun variasi campuran yang digunakan adalah kadar *Portland Composite Cemen*t atau Semen *Portland* 3%, serta variasi *red mud* sebesar 25% dan 50% dari berat kering tanah, baik tanpa maupun dengan penambahan semen dan variasi masa pemeraman (*curing time*) 0, 7, dan 14 hari. Hasil penelitian menunjukan penambahan Red Mud dan Semen menurunkan nilai kadar air namun bertambahnya *Red Mud* kadar air mengalami peningkatan, untuk berat volume terjadi penurunan. Nilai batas cair (LL) menurun dan untuk batas plastis meningkat sehingga indeks plastisitas menurun yang awalnya 14,897% menurun menjadi 4,612% sehingga memenuhi dalam perancanngan struktur fondasi bawah kelas B dan S. Serta menurut klasifikasi USDA, AASHTO, dan USCS butiran tanah menjadi lebih besar dibandingkan dengan butiran tanah asli.

Kata Kunci: Lumpur merah (*Red Mud*), Semen Portland Komposit, Stabilisasi tanah, Tanah timbunan, Sifat fisis.

ABSTRACT

Bauxite processing activities into alumina in West Kalimantan generate a large amount of red mud solid waste, which poses a potential environmental pollution risk if not optimally utilized. On the other hand, the demand for embankment materials for road infrastructure development continues to increase, while the availability of natural materials is becoming more limited. This study aims to determine the effect of utilizing red mud waste as an additive in embankment soil stabilized with cement on the physical properties of the soil. The mixture variations used were a 3% content of Portland Composite Cement (PCC), along with red mud variations of 25% and 50% by dry weight of the soil, both with and without the addition of cement, and curing time variations of 0, 7, and 14 days. The results showed that the addition of red mud and cement reduced the moisture content; however, as the red mud content increased, the moisture content experienced an increase, while the unit weight decreased. The liquid limit (LL) value decreased and the plastic limit (PL) increased, thereby reducing the plasticity index (PI) from an initial 14.897% to 4.612%, which meets the design requirements for Class B and Class S sub-base structures. Furthermore, according to the USDA, AASHTO, and USCS classifications, the soil grain size became larger compared to the original soil.

Keywords: *Red mud, Portland Composite Cement, Soil stabilization, Embankment, Physical properties.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ..... **i**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **iii**
PRAKATA ..... **iv**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xi**
DAFTAR TABEL ..... **xix**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Pembatasan Masalah 3
1.5 Sistematika Penulisan 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Tinjauan Umum Tanah 5
2.2 Komponen- Komponen Penyusun Tanah 7
2.3 Klasifikasi tanah 8
2.3.1 Sistem Klasifikasi AASHTO 8
2.3.2 Sistem klasifikasi Unified Soil Classification System (USCS) 12
2.3.3 Sistem Klasifikasi United States Department of Agriculture (USDA) 15
2.3.4 Metode Klasifikasi MIT 17
2.4 Tanah Timbunan 17
2.4.1 Timbunan Biasa 18
2.4.2 Timbunan Pilihan 18
2.5 Stabilisasi Tanah 18
2.6 Limbah Lumpur Merah (Red Mud) 23
2.7 Stabilisasi Tanah Dengan Semen 24
2.8 Konstruksi Perkerasan Jalan Raya 25
2.8.1 Jenis Konstruksi Perkerasan Jalan 26

2.9 Sifat-Sifat Fisis Tanah 29
2.9.1 Kadar Air 29
2.9.2 Berat Volume Tanah (*Volume Weight*) 29
2.9.3 Berat Jenis (*Specific Gravity*) 30
2.9.4 Batas Cair Atterberg 30
2.9.5 Batas Plastis Atterberg 31
2.9.6 Batas Susut Atterberg 32
2.9.7 Analisa Gradasi Butiran Tanah 32
2.10 Penelitian Terdahulu 35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 38
3.1 Tinjauan Umum 38
3.2 Metode Pengumpulan data 38
3.2.1 Studi literatur 38
3.2.2 Eksperimental 39
3.3 Tahapan Penelitian 39
3.3.1 Persiapan Tanah dan Bahan 40
3.4 Komposisi campuran pada pengujian dan jumlah sampel benda uji 42
3.5 Sampel Pengujian Sifat Fisis 43
3.5.1 Sampel Pengujian Kadar Air 43
3.5.2 Sampel Pengujian Berat Volume 45
3.5.3 Sampel Pengujian Berat Jenis 48
3.5.4 Sampel Pengujian Batas cair 50
3.5.5 Sampel Pengujian Batas Plastis 52
3.5.6 Sampel Pengujian Batas Susut 54
3.5.7 Sampel Pengujian Analisa Saringan dan Hidrometer 56
3.6 Prosedur Pengujian Fisis Tanah 58
3.6.1 Pengujian Kadar Air 58
3.6.2 Pengujian Berat Volume 61
3.6.3 Pengujian Berat Jenis 64
3.6.4 Pengujian Batas Cair 71
3.6.5 Pengujian Batas Plastis 76
3.6.6 Pengujian Batas Susut 79

3.6.7 Pengujian Analisa Hidrometer dan Saringan 84
3.7 Analisis Data Penelitian 92
3.8 Diagram Alir Penelitian 93
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....94
4.1 Tinjauan Umum 94
4.2 Data Hasil Penelitian.....94
4.2.1 Hasil Pengujian Limbah Lumpur Merah (*Red Mud*) 94
4.2.2 Hasil Pengujian Tanah Asli..... 95
4.2.3 Hasil Pengujian Berat Volume (γ) 95
4.2.4 Hasil Pengujian Kadar Air (w)..... 99
4.2.5 Hasil Pengujian Berat Jenis..... 104
4.2.6 Hasil Pengujian Batas-batas *Atterberg*..... 108
4.2.7 Hasil Pengujian Analisa Hidrometer dan Saringan..... 115
4.2.8 Pengklasifikasian Tanah Metode USDA 128
4.2.9 Pengklasifikasi Tanah Metode USCS 131
4.2.10 Pengklasifikasian Tanah Metode AASHTO 135
4.3 Pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM) dan X-Ray Diffraction (XRD) Sampel Red Mud.....138
4.3.1 Pengamatan Morfologi Sampel *Red Mud* 139
4.3.2 Interpretasi Fasa Mineral *Red Mud* 139
BAB V PENUTUP.....142
5.1 Kesimpulan 142
5.2 Saran.....145
DAFTAR RUJUKAN..... xxi

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bahan penyusun tanah secara umum 8
Gambar 2. 2 Nilai batas-batas Atterberg untuk kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7 12
Gambar 2. 3 Diagram plastisitas tanah berbutir halus USCS 14
Gambar 2. 4 Klasifikasi berdasarkan tekstur oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA)..... 17
Gambar 2. 5 Teknik perbaikan tanah 23
Gambar 2. 6 Struktur lapisan perkerasan lentur..... 26
Gambar 2. 7 Gambar untuk menentukan batas cair tanah lempung 31
Gambar 2. 8 Distribusi ukuran partikel kumulatif 34
Gambar 3. 1 Lokasi pengambilan sampel tanah 40
Gambar 3. 2 Lokasi Limbah Lumpur Merah (Red Mud)..... 40
Gambar 3. 3 Semen Portland 41
Gambar 3. 4 Sampel Pengujian Kadar Air Tanah Asli 44
Gambar 3. 5 Sampel Pengujian Kadar Air Red Mud..... 44
Gambar 3. 6 Sampel Pengujian Kadar Air Tanah + Semen 3% 44
Gambar 3. 7 Sampel Pengujian Kadar Air Red Mud + Semen 3% 44
Gambar 3. 8 Sampel Pengujian Kadar Air Tanah + Red Mud 25% 44
Gambar 3. 9 Sampel Pengujian Kadar Air Tanah + Red Mud 50% 45
Gambar 3. 10 Sampel Pengujian Kadar Air Tanah + Red Mud 25% + Semen 3% 45
Gambar 3. 11 Sampel Pengujian Kadar Air Tanah + Red Mud 50% + Semen 3% 45
Gambar 3. 12 Sampel Pengujian Berat Volume Tanah Asli..... 46
Gambar 3. 13 Sampel Pengujian Berat Volume Red Mud 46
Gambar 3. 14 Sampel Pengujian Berat Volume Variasi SC..... 46
Gambar 3. 15 Sampel Pengujian Berat Volume Variasi RC 46
Gambar 3. 16 Sampel Pengujian Berat Volume Variasi SR-1..... 47
Gambar 3. 17 Sampel Pengujian Berat Volume Variasi SR-2..... 47
Gambar 3. 18 Sampel Pengujian Berat Volume Variasi SRC-1 47

Gambar 3. 19 Sampel Pengujian Berat Volume Variasi SRC-2 47
Gambar 3. 20 Sampel Pengujian Berat Jenis Tanah Asli..... 48
Gambar 3. 21 Sampel Pengujian Berat Jenis Red Mud 48
Gambar 3. 22 Sampel Pengujian Berat Jenis Variasi SC..... 48
Gambar 3. 23 Sampel Pengujian Berat Jenis Variasi RC 48
Gambar 3. 24 Sampel Pengujian Berat Jenis Variasi SR-1 49
Gambar 3. 25 Sampel Pengujian Berat Jenis Variasi SR-2 49
Gambar 3. 26 Sampel Pengujian Berat Jenis Variasi SRC-1..... 49
Gambar 3. 27 Sampel Pengujian Berat Jenis Variasi SRC-2..... 49
Gambar 3. 28 Sampel Pengujian Batas-batas Atterberg Tanah Asli 50
Gambar 3. 29 Sampel Pengujian Batas-batas Atterberg Red mud..... 50
Gambar 3. 30 Sampel Pengujian Batas-batas Atterberg Variasi SC..... 50
Gambar 3. 31 Sampel Pengujian Batas-batas Atterberg Variasi RC 51
Gambar 3. 32 Sampel Pengujian Batas-batas Atterberg Variasi SR-1 51
Gambar 3. 33 Sampel Pengujian Batas-batas Atterberg Variasi SR-2 51
Gambar 3. 34 Sampel Pengujian Batas Cair Atterberg Variasi SRC-1(0,7,14).... 51
Gambar 3. 35 Sampel Pengujian Batas Cair Atterberg Variasi SRC-2 (0,7,14) hari 51
Gambar 3. 36 Sampel Pengujian Batas Plastis Tanah Asli..... 52
Gambar 3. 37 Sampel Pengujian Batas Plastis Red Mud..... 52
Gambar 3. 38 Sampel Pengujian Batas Plastis Variasi SC 52
Gambar 3. 39 Sampel Pengujian Batas Plastis Variasi RC..... 53
Gambar 3. 40 Sampel Pengujian Batas Plastis Variasi SR-1..... 53
Gambar 3. 41 Sampel Pengujian Batas Plastis Variasi SR-2..... 53
Gambar 3. 42 Sampel Pengujian Batas Plastis Variasi SRC-1 53
Gambar 3. 43 Sampel Pengujian Batas Plastis Variasi SRC-2 54
Gambar 3. 44 Sampel Pengujian Batas Susut Tanah Asli 54
Gambar 3. 45 Sampel Pengujian Batas Susut Red Mud 54
Gambar 3. 46 Sampel Pengujian Batas Susut Variasi SC..... 55
Gambar 3. 47 Sampel Pengujian Batas Susut Variasi RC 55
Gambar 3. 48 Sampel Pengujian Batas Susut Variasi SR-1 55
Gambar 3. 49 Sampel Pengujian Batas Susut Variasi SR-2 56

Gambar 3. 50 Sampel Pengujian Batas Susut Variasi SRC-1 56
Gambar 3. 51 Sampel Pengujian Batas Susut Variasi SRC-2 56
Gambar 3. 52 Sampel Pengujian Analisa Saringan dan Hidrometer Tanah Asli.. 56
Gambar 3. 53 Sampel Pengujian Analisa Saringan dan Hidrometer Red Mud 57
Gambar 3. 54 Sampel Pengujian Analisa Saringan dan Hidrometer Variasi SR-1 dan SR-2 57
Gambar 3. 55 Sampel Pengujian Analisa Saringan dan Hidrometer Variasi 57
Gambar 3. 56 Sampel Pengujian Analisa Saringan dan Hidrometer Variasi 57
Gambar 3. 57 Sampel Pengujian Analisa Saringan dan Hidrometer Variasi 58
Gambar 3. 58 Oven 58
Gambar 3. 59 Cawan alumunium 59
Gambar 3. 60 Timbangan digital 59
Gambar 3. 61 Pahat 59
Gambar 3. 62 Menimbang Cawan Alumunium Kosong 60
Gambar 3. 63 Mengambil sampel untuk uji kadar air 60
Gambar 3. 64 Memasukkan sampel + cawan kedalam oven 60
Gambar 3. 65 Menimbang Sampel Kering 61
Gambar 3. 66 Mould 61
Gambar 3. 67 Pahat 62
Gambar 3. 68 Jangka Sorong 62
Gambar 3. 69 Timbangan Digital 62
Gambar 3. 70 Menimbang Mould 63
Gambar 3. 71 Mengukur Diameter Mould 63
Gambar 3. 72 Memotong sampel 63
Gambar 3. 73 Proses mengukur sampel 64
Gambar 3. 74 Menimbang sampel 64
Gambar 3. 75 Piknometer 65
Gambar 3. 76 Timbangan digital 65
Gambar 3. 77 Saringan No.20 65
Gambar 3. 78 Termometer 66
Gambar 3. 79 Kompor 66
Gambar 3. 80 Palu karet 66

Gambar 3. 81 Pan 67
Gambar 3. 82 Mengeluarkan Sampel dari Oven 67
Gambar 3. 83 Menumbuk dan Menyaring Sampel 67
Gambar 3. 84 Timbang Piknometer 68
Gambar 3. 85 Timbang Sampel 20gr 68
Gambar 3. 86 Isi Pikno dengan Air 68
Gambar 3. 87 Mengguncang Pikno 69
Gambar 3. 88 Diamkan pikno selama 24 Jam 69
Gambar 3. 89 Piknometer +sampel dipanaskan diatas kompor selama 15 menit . 69
Gambar 3. 90 Diamkan pikno sampai suhu ruangan. 70
Gambar 3. 91 Menambah air ke dalam piknometer. 70
Gambar 3. 92 Menimbang piknometer+ sampel+air. 70
Gambar 3. 93 Proses mengisi pikno dengan air dan menimbang piknometer. 71
Gambar 3. 94 Palu Karet 72
Gambar 3. 95 Saringan No.40 72
Gambar 3. 96 Casagrande Dish Type Liquid Limit dan Grooving tool 72
Gambar 3. 97 Spatula 73
Gambar 3. 98 Timbangan 73
Gambar 3. 99 Plat kaca 73
Gambar 3. 100 Cawan Aluminium 74
Gambar 3. 101 Oven 74
Gambar 3. 102 Menambahkan air sedikit demi sedikit sampai sampel homogen. 74
Gambar 3. 103 Meratakan sampel di alat Casagrande 74
Gambar 3. 104 Membelah sampel di atas Casagrande 75
Gambar 3. 105 Putar hingga mangkok naik dan turun 75
Gambar 3. 106 Proses menimbang sampel kemudian di oven 76
Gambar 3. 107 Plat kaca 77
Gambar 3. 108 Spatula 77
Gambar 3. 109 Timbangan Digital 77
Gambar 3. 110 Cawan aluminium 78
Gambar 3. 111 Oven 78
Gambar 3. 112 Sampel uji diambil dan diletakkan di atas pelat kaca 78

Gambar 3. 113 Proses penggulungan sampel 78
Gambar 3. 114 Menimbang cawang+sampel..... 79
Gambar 3. 115 Cawan cetak susut 80
Gambar 3. 116 Cawan porselin..... 80
Gambar 3. 117 Cawan aluminium 80
Gambar 3. 118 Spatula..... 80
Gambar 3. 119 Timbangan digital 81
Gambar 3. 120 Overflow dish..... 81
Gambar 3. 121 Prong plate..... 81
Gambar 3. 122 Air raksa..... 82
Gambar 3. 123 Sampel di aduk dan ditambah air sehingga menyerupai pasta..... 82
Gambar 3. 124 Mengolesi cawan cetak susut dengan pelumas 82
Gambar 3. 125 Sampel yang sudah siap dimasukkan ke cawan cetak susut 83
Gambar 3. 126 Menimbang sampel 83
Gambar 3. 127 Proses sampel ditekan perlahan-lahan kedalam air raksa 84
Gambar 3. 128 Saringan No.10..... 85
Gambar 3. 129 Hidrometer ASTM 152 H yang mempunyai skala kosntrasi 5 – 6 gr per-liter..... 85
Gambar 3. 130 Satu set saringan..... 86
Gambar 3. 131 Cawan aluminium 86
Gambar 3. 132 Tabung ukur 86
Gambar 3. 133 Timbangan..... 87
Gambar 3. 134 Alat pengaduk suspensi..... 87
Gambar 3. 135 Sieves shaker..... 87
Gambar 3. 136 Reagent..... 88
Gambar 3. 137 Termometer..... 88
Gambar 3. 138 Palu karet..... 88
Gambar 3. 139 Proses penumbukan dan penyaringan sampel uji..... 89
Gambar 3. 140 Proses memasukkan sampel uji dan reagent ke dalam tabung gelas 89
Gambar 3. 141 Proses tanah diaduk dengan suspensi selama 15 menit..... 89

Gambar 3. 142 Proses memasukkan sampel ke dalam gelas ukur dan mengguncang gelas ukur+sampel sebanyak 60 kali atau 1 menit 90
Gambar 3. 143 Proses pembacaan Hidrometer 91
Gambar 3. 144 Proses menuang sampel ke cawan aluminium lalu dioven 91
Gambar 3. 145 Proses sieve shaker selama 15 menit..... 92
Gambar 3. 146 Proses penimbangan sampel uji yang tertahan pada tiap saringan92
Gambar 4. 1 Grafik pengaruh Penambahan semen dan Red Mud Terhadap Berat Volume.....96
Gambar 4. 2 Grafik Pengaruh Penambahan Red Mud Terhadap Berat Volume .. 97
Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Berat Volume 0 Hari..... 97
Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Berat Volume 7 Hari..... 98
Gambar 4. 5 Grafik Pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Berat Volume 14 Hari..... 98
Gambar 4. 6 Grafik Pengaruh Penambahan Semen dan *Red Mud* Terhadap Berat Volume..... 99
Gambar 4. 7 Grafik pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Kadar Air 100
Gambar 4. 8 Grafik Pengaruh Penambahan Red Mud Terhadap Kadar Air..... 101
Gambar 4. 9 Grafik Pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Kadar Air 0 Hari 101
Gambar 4. 10 Grafik Pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Kadar Air 7 Hari 102
Gambar 4. 11 Grafik pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Kadar Air 14 Hari 103
Gambar 4. 12 Grafik pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Kadar Air 103
Gambar 4. 13 Grafik Berat Jenis Berdasarkan Waktu Pemeraman 104
Gambar 4. 14 Grafik Pengaruh Penambahan Red Mud Terhadap Berat Jenis ... 105
Gambar 4. 15 Grafik Pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Berat Jenis Curing 0 H..... 105

Gambar 4. 16 Grafik Pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Berat Jenis Curing 7 H 106
Gambar 4. 17 Grafik Pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Berat Jenis Curing 14 H 107
Gambar 4. 18 Grafik Berat Jenis Berdasarkan curing time 107
Gambar 4. 19 Grafik Pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Batas Cair 109
Gambar 4. 20 Grafik Pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Batas Plastis 109
Gambar 4. 21 Grafik Pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Batas Susut 110
Gambar 4. 22 Grafik Pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Indeks Plastisitas 110
Gambar 4. 23 Grafik Pengaruh Penambahan Tanah Timbunan dan Red Mud Terhadap Batas-batas Atterberg 111
Gambar 4. 24 Grafik Pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Batas-batas Atterberg Curing 0 H 112
Gambar 4. 25 Grafik Pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Batas-batas Atterberg Curing 7 H 114
Gambar 4. 26 Grafik Pengaruh Penambahan Semen dan Red Mud Terhadap Batas-batas Atterberg Curing 14 H 114
Gambar 4. 27 Shieve Analysis Chart Tanah dengan Curing 0 Hari (USDA)..... 116
Gambar 4. 28 Shieve Analysis Chart Tanah dengan Curing 0 Hari (AASHTO) 117
Gambar 4. 29 Shieve Analysis Chart Tanah dengan Curing 0 Hari (MIT) 118
Gambar 4. 30 Shieve Analysis Chart Tanah dengan Curing 7 Hari (USDA)..... 120
Gambar 4. 31 Shieve Analysis Chart Tanah dengan Curing 7 Hari (AASHTO) 121
Gambar 4. 32 Shieve Analysis Chart Tanah dengan Curing 7 Hari (MIT) 122
Gambar 4. 33 Shieve Analysis Chart Tanah dengan Curing 14 Hari (USDA)... 124
Gambar 4. 34 Shieve Analysis Chart Tanah dengan Curing 14 Hari (AASHTO) 125
Gambar 4. 35 Shieve Analysis Chart Tanah dengan Curing 14 Hari (MIT) 126

Gambar 4. 36 Grafik Segitiga Pengklasifikasian Tanah Non Curing 0 Hari Metode USDA 129
Gambar 4. 37 Grafik Segitiga Pengklasifikasian Tanah Curing 7 Hari Metode USDA 130
Gambar 4. 38 Grafik Segitiga Pengklasifikasian Tanah Curing 14 Hari Metode USDA 130
Gambar 4. 39 Grafik Pengklasifikasian Tanah Non Curing 0 Hari Metode USCS 132
Gambar 4. 40 Grafik Pengklasifikasian Tanah Curing 7 Hari Metode USCS 133
Gambar 4. 41 Grafik Pengklasifikasian Tanah Curing 14 Hari Metode USCS .. 133
Gambar 4. 42 Pengklasifikasian Tanah *Curing* 0 Hari Metode AASHTO 136
Gambar 4. 43 Pengklasifikasian Tanah *Curing* 7 Hari Metode AASHTO 136
Gambar 4. 44 Pengklasifikasian Tanah *Curing* 14 Hari Metode AASHTO 137
Gambar 4. 45 Mikrogaf SEM sampel Red Mud dengan Besaran 15.000× (15 kV, SP = 6, WD = 12.5, mode SE; Laboratorium UPA UNTAN, 2026) 139
Gambar 4. 46 difraktogram XRD sampel Red Mud, radiasi Cu-Kα, 2θ (5° – 90°) (Laboratorium UPA UNTAN,2026) 140

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah 6
Tabel 2. 2 Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO 10
Tabel 2. 3 Sistem Klasifikasi Tanah Unifed Berdasarkan Kelompok 12
Tabel 2. 4 Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS 15
Tabel 2. 5 Uji Lapangan Pendahuluan untuk pekerjaan perbaikan tanah 21
Tabel 2. 6 Uji laboratorium pendahuluan untuk pekerjaan perbaikan tanah 22
Tabel 2. 7 Sifat-sifat Lapis Fondasi Agregat dan Lapis Drainase..... 28
Tabel 2. 8 Berat Jenis Berdasarkan Jenis Tanah 30
Tabel 2. 9 Nilai Indeks Plastisitas dan Sifat Tanah..... 32
Tabel 3. 1 Penamaan Komposisi Campuran 42
Tabel 3. 2 Variasi Campuran Tanah + Semen + Redmud 42
Tabel 3. 3 Jumlah Sampel dan Benda Uji 43
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Lumpur Merah Red Mud 94
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Tanah Asli..... 95
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Berat Volume..... 95
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Kadar Air 99
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Berat Jenis..... 104
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Batas-batas Atterberg 108
Tabel 4. 7 Hasil Hidrometer dan Analisa Saringan Tanah Curring 0 Hari (Non Curring) 115
Tabel 4. 8 Hasil Hidrometer dan Analisa Saringan Tanah Curing Hari 119
Tabel 4. 9 Hasil Hidrometer dan Analisa Saringan Tanah Curing 14 Hari 123
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Klasifikasi Ukuran Fraksi Butir Menurut USDA 127
Tabel 4. 11 Rekapitulasi Klasifikasi Ukuran Fraksi Butir Menurut AASHTO .. 127
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Klasifikasi Ukuran Fraksi Butir Menurut MIT 128
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Analisa Distribusi Butir Tanah 129
Tabel 4. 14 Rekapitulasi Klasifikasi Tanah Metode USDA 131
Tabel 4. 15 Nilai Batas Cair dan Indeks Plastisitas Untuk Pengklasifikasian Tanah Metode USCS..... 132
Tabel 4. 16 Rekapitulasi Klasifikasi Tanah Metode USCS 134
Tabel 4. 17 Rekapitulasi Klasifikasi Tanah Menurut AASHTO 135

Tabel 4. 18 Rekapitulasi Klasifikasi Tanah Menurut AASHTO 138

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kalimantan Barat merupakan wilayah yang memiliki potensi penghasil bauksit yang tinggi. Salah satu industri yang melakukan aktivitas pertambangan dan pengolahan bauksit menjadi alumina yaitu PT Borneo Alumina Indonesia (BAI) yang berada di Sungai Kunyit, Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat.

Bauksit merupakan salah satu sumber daya alam tidak terbarukan (*non renewable*) yang banyak terdapat di Provinsi Kalimantan Barat. Cadangan bauksit di Kalimantan Barat sejumlah 0,84 milyar ton dari total cadangan nasional 1,26 milyar ton. 66,77 % cadangan bauksit nasional ada di Kalimantan Barat. Sedangkan Sumber daya bauksit nasional sebanyak 3,61 milyar ton, dengan melakukan eksplorasi yang lebih agresif diharapkan jumlah cadangan akan semakin meningkat.(ESDM, 2016), Keberadaan industri pertambangan bauksit di Kalimantan Barat memberikan dampak signifikan terhadap perekonomian daerah, termasuk dalam hal penciptaan lapangan kerja dan peningkatan pendapatan daerah. Namun, di sisi lain, aktivitas pertambangan juga membawa berbagai tantangan, seperti degradasi lingkungan, kerusakan ekosistem, dan perubahan sosial ekonomi bagi masyarakat setempat.

Salah satu upaya untuk mengurangi terjadinya penumpukan limbah lumpur merah ini adalah dengan mengunakan dan memanfaatkannya kembali sebagai material tambahan pada konstruksi lapis fondasi jalan. Menurut artikel yang diterbitkan oleh Binamarga (2021) dari hasil kajian yang dilakukan Puslitbang Jalan dan Jembatan sampai tahun 2019 ada beberapa limbah B3 berpotensi dijadikan material pilihan atau material timbunan dalam konstruksi jalan, antara lain *fly-ash*, *bottom ash*, slag baja, slag nikel, *tailing* serta limbah sawit De-OBE (*De Oiled Bleaching earth*).

Lumpur merah *(Red mud)* yang merupakan produk yang ingin dicapai dalam penelitian ini tujuannya adalah sebagai bahan tambahan pada tanah timbunan pilihan yang dapat di aplilkasikan sebagai tanah dasar *(sub grade)* pada beberapa konstruksi seperti jalan raya, Karena selain tujuannya sebagai pemanfaatan limbah dan sebagai tambahan dalam skala besar juga di harapkan dapat menggantikan

sumber daya alam lain yang biasa digunakan sebagai bahan tanah timbunan pada pekerjaan Pembangunan jalan raya yaitu seperti tanah merah, kerikil, batu dan pasir yang jumlahnya semakin lama semakin berkurang akibat dari Pembangunan infrastruktur jalan raya yang semakin meluas.

Penelitian mengenai pengaruh penambahan lumpur merah *(Red mud)* dalam campuran untuk menstabilisasi tanah masih kurang dan terbatas, sehingga memberikan peluang untuk eksplorasi lebih lanjut. Penelitian mengenai variasi komposisi pada lumpur merah *(Red mud)* tentang proporsi yang paling optimal untuk meningkatkan kekuatan fisis pada tanah.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan bisa memberikan konstribusi yang baik bagi pengembangan Teknik stabilisasi tanah yang efektif, khususnya untuk wilayah Kalimantan Barat. Penelitian ini juga penting untuk mengetahui bagaimana sifat dari tanah timbunan terhadap lumpur merah.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di kemukakan sebelumnya, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh sebelum dan sesudah pencampuran *red mud* dengan tanah timbunan terhadap sifat fisis tanah lapis fondasi badan jalan.
2. Bagaimana pengaruh sebelum dan sesudah pencampuran *red mud* dengan tanah timbunan ditambah semen terhadap sifat fisis tanah lapis fondasi badan jalan dengan *curing time* yang berbeda.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah diatas, maka tujuan penelitian adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh sebelum dan sesudah pencampuran *red mud* dengan tanah timbunan terhadap sifat fisis tanah lapis fondasi badan jalan.
2. Untuk mengetahui pengaruh sebelum dan sesudah pencampuran *red mud* dengan tanah timbunan ditambah semen terhadap sifat fisis tanah lapis fondasi badan jalan dengan *curing time* yang berbeda.

1.4 Pembatasan Masalah

Dalam pelaksanaan penelitian ini, dilakukan Batasan masalah agar fokus pada tujuan yang ingin dicapai secara sistematis. Oleh karena itu, penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Sampel lumpur merah (*red* mud) yang digunakan adalah hasil limbah bauksit dari PT Borneo Alumina Indonesia (BAI) yang berada di Sungai Kunyit, Kab. Mempawah, Kalimantan Barat.
2. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.
3. Penelitian ini tidak meninjau sifat kimia bahan tersebut.
4. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah timbunan yang berasal dari Desa Peniraman, Kabupaten Mempawah.
5. Pengujian sifat fisis tanah yang dilakukan meliputi:
    1. Pengujian kadar air (ASTM D 2216-19).
    2. Pengujian berat volume (ASTM D 7263).
    3. Pengujian berat jenis (ASTM D 854-02).
    4. Pengujian batas *atterberg* (ASTM D 4318-00).
    5. Pengujian hidrometer (ASTM D 7928-21e1).
    6. Pengujian analisa saringan (ASTM D 422-63).
6. Persentase variasi penambahan limbah lumpur merah *(Red mud)* adalah sebanyak 25% dan 50% dari berat kering tanah.
7. Bahan pengikat yang digunakan yaitu semen dengan persentase 3%.
8. Masa pemeraman (*curing time*) untuk sampel adalah 0 hari, 7 hari, dan 14 hari.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika dari penulisan tugas akhir ini adalah memberikan Gambaran secara umum mengenai keseluruhan bab yang akan dibahas. Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

    Bab ini menguraikan secara keseluruhan dari pembahasan pendahuluan yang terdiri dari:

    a. Latar Belakang