

**PROPOSAL TUGAS AKHIR**  
**STUDI KINERJA MARSHALL CAMPURAN**  
***ASPHALTIC CONCRETE BINDER COURSE* YANG MENGGUNAKAN**  
***AGREGAT ROUNDED SUNGAI SA'DAN QUARRY AREA TAPPARAN***



OLEH :

**YONA NATA**

**221213100**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA TORAJA**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir Dengan Judul:

**“STUDI KINERJA MARSHALL CAMPURAN ASPHALTIC CONCRETE  
BINDER COURSE YANG MENGGUNAKAN AGREGAT ROUNDED  
SUNGAI SA'DAN QUARRY AREA TAPPARAN ”**

Yang Disusun Oleh:

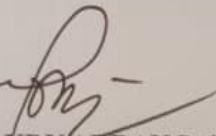
**YONA NATA**

**221213100**

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan studi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Toraja.

Telah Diperiksa Dan Disahkan Oleh :

Pembimbing I



**Dr. Ir. ABDIAS TANDY ARRANG, S.T., M.Sc.**  
**NIDN : 0022077407**

Pembimbing II



**Ir. ESCHER KALAPADANG, S.T.,S.H., M.T.**  
**NIDN : 8934610021**

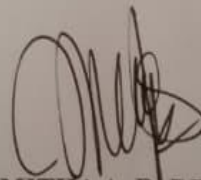
Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik



**Dr. Ir. NITHA, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.**  
**NIDN : 0902117802**

Ketua Program Studi Teknik Sipil



**Dr. Ir. ERMITHA A. R. DENDO, S.T., M.T.**  
**NIDN : 0906037903**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Dengan Judul:

**"STUDI KINERJA MARSHALL CAMPURAN ASPHALTIC CONCRETE  
BINDER COURSE YANG MENGGUNAKAN AGREGAT ROUNDED  
SUNGAI SA'DAN QUARRY AREA TAPPARAN"**

Yang Disusun Oleh :

**YONA NATA**

**221213100**

Telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja jenjang Sarjana (S1) pada :

Hari : Jumat

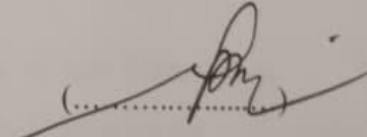
Tanggal : 20 Februari 2026

Tempat : Kampus II UKI Toraja Kakondongan

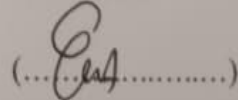
Dengan susunan tim dosen pembimbing dan penguji skripsi sebagai berikut :

Dosen Pembimbing :

1. **Dr. Ir. ABDIAS TANDY ARRANG, S.T., M.Sc.**

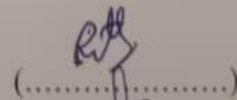
(.....)

2. **Ir. ESCHER KALAPADANG, S.T.,S.H., M.T.**

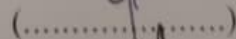
(.....)

Dosen Penguji :

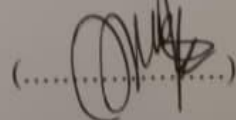
1. **RILVA TODING BUA, S.T., M.T.**

(.....)

2. **AZRIL TANGKE SOMBOLINGGI, S.T., M.T.**

(.....)

3. **Dr. Ir. ERMITHA A. R. DENDO, S.T., M.T.**

(.....)

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

**Nama** : Yona Nata

**NIM** : 221213116

**Program Studi** : Teknik Sipil

**Fakultas** : Teknik

**Judul Skripsi** : Studi Kinerja Marshall Campuran *Asphaltic Concrete Binder Course* Yang Menggunakan Agregat *Rounded* Sungai Sa'dan Quarry Area Tapparan

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Skripsi yang saya ajukan adalah karya asli saya sendiri bukan hasil jiplakan atau plagiarisme dari karya orang lain.
2. Semua sumber yang digunakan dalam penulisan ini telah saya cantumkan secara lengkap dalam daftar pustaka sesuai dengan ketentuan penulisan ilmiah.
3. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat unsur plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Kristen Indonesia Toraja.
4. Saya dengan ini melimpahkan hak cipta skripsi ini kepada Universitas Kristen Indonesia Toraja, untuk disimpan, digandakan, dan dipublikasikan secara elektronik atau cetak guna kepentingan akademik, dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis
5. Segala bentuk pemanfaatan karya ini oleh pihak ketiga di luar kepentingan akademik mendapat izin tertulis dari Universitas Kristen Indonesia Toraja.

Dibuat di : Kakondongan

Tanggal : 26 Maret 2026

Yang membuat Pernyataan

## ABSTRAK

Campuran *AC-BC* atau lapis antara merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri atas campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi rapat, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu. Pada spesifikasi Bina Marga 2018, syarat *shape* agregat kadar campuran *Asphalt Concrete Binder Course* yaitu 100/90. Spesifikasi ini menunjukkan bahwa 100 persen agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih. Namun dalam proses pengolahan tersebut, biasanya ditemukan agregat alam yang masih mempunyai permukaan yang tidak rata (bulat) yang masih semula dan lolos saringan sesuai dengan standar yang digunakan. Material lokal Sungai Tapparan merupakan salah satu sungai di Kabupaten Tana Toraja yang batunya dapat digunakan sebagai bahan untuk perkerasan jalan.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil UKI Toraja dengan menggunakan metode pengujian Marshall, metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan langkah awal pengujian karakteristik agregat, penentuan Kadar Aspal Optimum dengan perhitungan  $P_b$  atau penentuan secara analitik, kemudian pembuatan benda uji Marshall untuk pengujian penambahan agregat *Rounded*, dalam penelitian ini menggunakan agregat *Rounded* sungai Tapparan.

Hasil penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan dalam campuran *Asphalt Concrete Binder Course* dengan menggunakan 3 variasi kadar agregat *Rounded* yaitu: 10%, 15%, 20% kadar aspal yang digunakan 5,5% (0% *rounded*). Kadar agregat 0%, 10%, 15% masih memenuhi standar minimum sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 namun untuk kadar agregat 20% sudah tidak memenuhi spesifikasi pada pengujian 24 jam. Maka untuk pengujian Marshall semakin tinggi penggunaan agregat *rounded* maka stabilitas Marshall semakin menurun.

**Kata Kunci:** Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC), *rounded*, alat uji Marshall, Aspal panas.

## **ABSTRACT**

*The AC-BC mixture or intermediate layer is a layer in road construction consisting of a mixture of hard asphalt and aggregate that has a close gradation, mixed, spread and compacted at a certain temperature. In the 2018 Bina Marga specifications, the aggregate shape requirements for the Asphalt Concrete Binder Course mixture are 100/90. This specification indicates that 100 percent of the coarse aggregate has a broken surface in two or more. However, in the processing process, natural aggregates are usually found that still have an uneven (round) surface that is still original and passes the filter according to the standards used. local material Tapparan River is one of the rivers in Tana Toraja Regency whose stones can be used as material for road paving.*

*This research was conducted at the UKI Toraja Civil Engineering Laboratory using the Marshall testing method, the method used in this research is experimental with the initial step of testing aggregate characteristics, determining the Optimum Asphalt Content by calculating Pb or determining it analytically, then making Marshall test specimens for testing the addition of Rounded aggregates, in this research using Rounded aggregates from the Tapparan River.*

*The results of the research conducted showed that in the Asphalt Concrete Binder Course mixture using three variations of Rounded aggregate content, namely: 10%, 15%, and 20%, the asphalt content used was 5.5% (0% rounded). The aggregate content of 0%, 10%, and 15% still met the minimum standards according to the 2018 Bina Marga specifications, but the aggregate content of 20% no longer met the specifications in the 24-hour test. Therefore, for the Marshall test, the higher the use of rounded aggregate, the lower the Marshall stability.*

**Keywords:** Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC), rounded, Marshall test equipment, Hot asphalt.

## DAFTAR ISI

|                                                            |                                     |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>HALAMAN SAMPUL</b> .....                                | Error! Bookmark not defined.        |
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....                            | Error! Bookmark not defined.        |
| <b>ABSTRAK</b> .....                                       | <b>v</b>                            |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                      | <b>vi</b>                           |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                    | <b>vii</b>                          |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                  | <b>ix</b>                           |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                 | <b>x</b>                            |
| <b>DAFTAR GRAFIK</b> .....                                 | <b>xi</b>                           |
| <b>KATAN PENGANTAR</b> .....                               | <b>x</b>                            |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....                             | Error! Bookmark not defined.        |
| 1.1 Latar Belakang.....                                    | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                                   | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 1.5 Batasan Masalah .....                                  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 1.6 Metode Penulisan.....                                  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 1.7 Sistematika Penulisan.....                             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....                         | Error! Bookmark not defined.        |
| 2.1 Tinjauan Pustaka.....                                  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.1.1 <i>Asphaltic Concrete Binder Course</i> (AC-BC) .... | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.1.1 <i>Asphaltic Concrete Binder Course</i> (AC-BC) .... | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.2 Campuran Beton Aspal .....                             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.2.1 Aspal.....                                           | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.2.2 Agregat .....                                        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.2.3 Bentuk Agregat .....                                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.2.4 Suhu Variasi Pencampuran Aspal                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.3 Pengujian <i>Marshall</i> .....                        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.3.1 Pemeriksaan Marshall Konvensional .....              | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.3.1 Pemeriksaan Marshall Konvensional .....              | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.3.2 Pemeriksaan Marshall Immersion                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.3.3 Standar Rujukan / Acuan.....                         | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.4 Peneliti Terdahulu .....                               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... Error! Bookmark not defined.**

- 3.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian Dan Lokasi Pengambilan Material ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.1.1 Lokasi Penelitian..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.1.2 Lokasi Pengambilan Sampel Agregat Kasar Rounded..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.1.3 Lokasi Pengambilan Sampel Aspal..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.1.4 Lokasi Pengambilan Sampel Agregat kasar dan halus.....31
- 3.2 Metode Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.3 Benda Uji..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.4 Bahan Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.5 Bagan Alir Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.6 Pengujian Marshall ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.7 Tahapan Penelitian..... **Error! Bookmark not defined.**

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... Error! Bookmark not defined.**

- 4.1 Pengujian Karakteristik ..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.1.1 Pengujian Agregat Kasar, Agregat Rounded dan Agregat Halus ..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.1.2 Hasil Pengujian Aspal ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2 Analisa Agregat Gabungan Untuk Campuran Asphalt Concrete Binder Course ( AC-BC) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.3 Analisa Rancangan Campuran..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.4 Perkiraan Kadar Aspal Optimum..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.4.1 Penentuan berat aspal pada campuran Asphalt Concrete Binder Course ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.5 Pengaruh Penggunaan Agregat Kasar *Rounded* Pada Campuran *Asphalt Concrete Binder Course*..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.5.1 Pengaruh Penambahan Agregat *Rounded* Terhadap Stabilitas. .... **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.5.2 Pengaruh Penambahan agregat *Rounded* Terhadap VIM (Rongga Udara Pada Campuran)..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.5.3 Pengaruh penambahan Agregat *Rounded* terhadap VMA... **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.5.4 Pengaruh Penambahan Agregat *Rounded* terhadap flow .... **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.5.5 Pengaruh Penambahan Agregat Rounded terhadap VFB .... **Error! Bookmark not defined.**

|                                         |                                     |
|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b> | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....                     | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.2 Saran.....                          | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>              | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                    | <b>75</b>                           |
| <b>DOKUMENTASI.....</b>                 | <b>96</b>                           |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                       |                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Tabel 2. 1 Ketentuan Sifat-Sifat AC-BC Lapis Antara .....                             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 2. 2 Ketentuan Aspal Keras Penetrasi 60/70                                      | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 2. 3 Gradasi agregat untuk campuran aspal .                                     | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 2. 4 Gradasi Agregat Kasar .....                                                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 2. 5 Gradasi Agregat Halus .....                                                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 2. 6 Gradasi Bahan Pengisi .....                                                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 1 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar (cipping).                            | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 2 Hasil Analisa saringan agregat halus ....                                  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 3 Hasil analisa saringan Agregat Kasar (Rounded)                             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 4 Hasil pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat kasar .....             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 5 Hasi Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus .....              | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penerapan Agregat   Rounded .              | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Keausan Agregat kasar (cipping) dengan alat Abrasi .....   | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar (Rounded) dengan   alat Abrasi ..... | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Agregat   Kasar (cipping) terhadap Tumbukan....            | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Agregat   Kasar (Rounded) Terhadap Tumbukan .....         | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Berat Jenis Terhadap Filler (semen) .....                 | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |

|                                                                                |                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Penetrasi Sebelum Kehilangan Berat .....           | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Penetrasi Setelah Kehilangan Berat.....            | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal .....                             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Titik Nyala Aspal.....                             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Titik Bakar Aspal.....                             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 17 Analisa saringan agregat gabungan untuk campuran AC-BC .....       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 18 Rancangan campuran <i>Asphalt Concrete Binder Course</i> .....     | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 19 Berat Agregat Rounded.....                                         | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 20 Hubungan Antara Stabilitas Dan variasi Kadar Agregat Rounded ..... | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 21 Hubungan Antara VIM Dan Variasi Kadar Agregat Rounded ....         | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 22 Hubungan VMA Dan Variasi Kadar Agregat Rounded .....               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 23 Hubungan Flow Dan Dan Variasi Kada Agregat Rounded .....           | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabel 4. 24 Hubungan VFB Dan Dan Variasi Kadar Agregat Rounded .....           | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                              |                                     |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Gambar 1. 1 Agregat Rounded .....                                            | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 2. 1 Perkerasan Jalan .....                                           | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 1 Peta Lokasi Tempat Penelitian.....                               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 2 Gambar letak Pengambilan Sampel..                                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 3 Timbangan, Oven dan Saringan No.4.....                           | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 4 Timbangan, oven, Termometer, Piknomete.....                      | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 5 Penguncang saringan, Satu Set Saringan, Timbangan dan Oven ..... | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 6 Timbangan, Oven, Saringan No.4 dan No.50..                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |

Gambar 3. 7 *Los Angeles* beserta 12 bola baja, Timbangan, dan Oven ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 8 Aggregate Impact Machine dan Timbangan.... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 9 Kompor, Stopwatch, Penetrometer, Termometer ...**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 10 Cleveland Open Cup, Penjepit thermometer, Termometer, Kompor ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 11 Bagan Alir Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 12 Marshall..... **Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Analisa Saringan Agregat Kasar (cipping) ..... **Error! Bookmark not defined.**

Grafik 4. 2 Analisa Saringan agregat halus..... **Error! Bookmark not defined.**

Grafik 4. 3 Analisa saringan agregat Rounded..... **Error! Bookmark not defined.**

Grafik 4. 4 Hubungan Antara Stabilitas Dan Variasi Agregat Rounded ..... **Error! Bookmark not defined.**

Grafik 4. 5 Hubungan antara VIM dan Kadar Agregat Rounded **Error! Bookmark not defined.**

Grafik 4. 6 Hubungan Antara VMA Dan Kadar Agregat Rounded ..... **Error! Bookmark not defined.**

Grafik 4. 7 hubungan antara Flow dan kadar Agregat Rounded .**Error! Bookmark not defined.**

Grafik 4. 8 Hubungan antara VFB dan kadar agregat Rounded..**Error! Bookmark not defined.**

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat menyusun dan menyelesaikan penelitian dan penulisan Tugas Akhir yang berjudul: **“Studi Kinerja Marshall Campuran Asphalt Concrete Binder Course Yang Menggunakan Agregat Rounded sungai Sa’dan Quarry Area Tapparan”**

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat masukan dan arahan dari berbagai pihak. Untuk itu dengan penuh kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. **Prof. Dr. Oktavianus Pasoloran, S.E.,M.Si.,Ak. CA** selaku Rektor Universitas Kristen Indonesia Toraja.
2. **Dr. Ir. Nitha, S.T.,MT.,IPM.,ASEAN Eng** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Toraja.
3. **Dr. Ir. Emitha A. R. Dendo, S.T.,M.T** selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja.
4. **Dr. Ir. Abdias Tandiarrang, S.T.,M.Sc** selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan tenaga dalam memberikan ilmu, bimbingan, dukungan dan saran bagi penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. **Escher Kalapadang, S.T.,M.T** selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan tenaga dalam memberikan ilmu, bimbingan, dukungan dan saran bagi penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. **Dr. Ir. Emitha A. R. Dendo, S.T.,M.T, Rilva Toding Bua, S.T.,M.T, Azril Tangke Sombolinggi’, S.T.,M.T** selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Segenap bapak/ibu dosen dan staff akademik khususnya Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil yang telah membimbing dan memberikan bekal ilmu pengetahuan selama menempuh studi di Universitas Kristen Indonesia Toraja.

8. **Lia Kombong Padang, ST., dan Samuel Paranggai, ST.,** selaku pengelola laboratorium teknik sipil universitas kristen Indonesia toraja, yang telah meluangkan waktu dalam memberikan arahan hingga selesainya Tugas Akhir.
9. Teristimewa kepada kedua **Orang Tua** Saya Bapak **Alm. Nata'** dan Ibu **Yohana Dama Mentaruk** yang selalu mendoakan dan selalu memberikan kasih sayang, cinta, dan dukungan. meskipun Almarhum sudah tidak sempat melihat penulis sampai di titik ini tetapi karena motivasi dan semangat dari beliau berdua menjadi alasan utama penulis tidak pernah menyerah, meskipun jalan terasa berat. Terimakasih Ibuku tercinta atas bantuan tak terbatas (moral dan materi) yang tiada henti. Serta saudara saya **Finola Dama** yang selalu memberikan dukungan serta bantuan dalam menyelesaikan skripsi penulis.
10. Terima Kasih kepada sahabat saya **Amanda putry Bandaso', Risna Tangdan, Mesy Pabetta, Elsa Triksi Patintingan** yang tiada henti memberikan motivasi saat lelah, pendengar setia suka duka penulis, dan selalu siap sedia membantu.
11. Rekan-rekan Seperjuangan **Teknik Sipil UKI Toraja Angkatan 2021 (SCALE)** yang memberikan bantuan baik dalam pendidikan maupun dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
12. Semua rekan-rekan **Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HMTS) Universitas Kristen Indonesia Toraja** baik senior maupun junior.
13. Kepada seseorang yang tidak bisa penulis sebutkan namanya, Terimakasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis yang senantiasa mendengarkan keluh kesah, selalu memberikan dukungan dan ikut serta berkontribusi dalam penulisan skripsi ini.
14. Yang terakhir kepada diri saya sendiri, apresiasi sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang di mulai. Terimakasih karena terus sabar dan tidak menyerah walaupun selama penyusunan skripsi ada berbagai masalah dan rintangan yang harus dihadapi. Terimakasih sudah bertahan.
15. Segenap pihak yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu persatu yang telah banyak berpartisipasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Atas segala kekurangan dan ketidaksempurnaan Tugas Akhir ini, penulis sangat mengharapkan masukan, kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Rantepao, 07 Desember 2025

Yona Nata