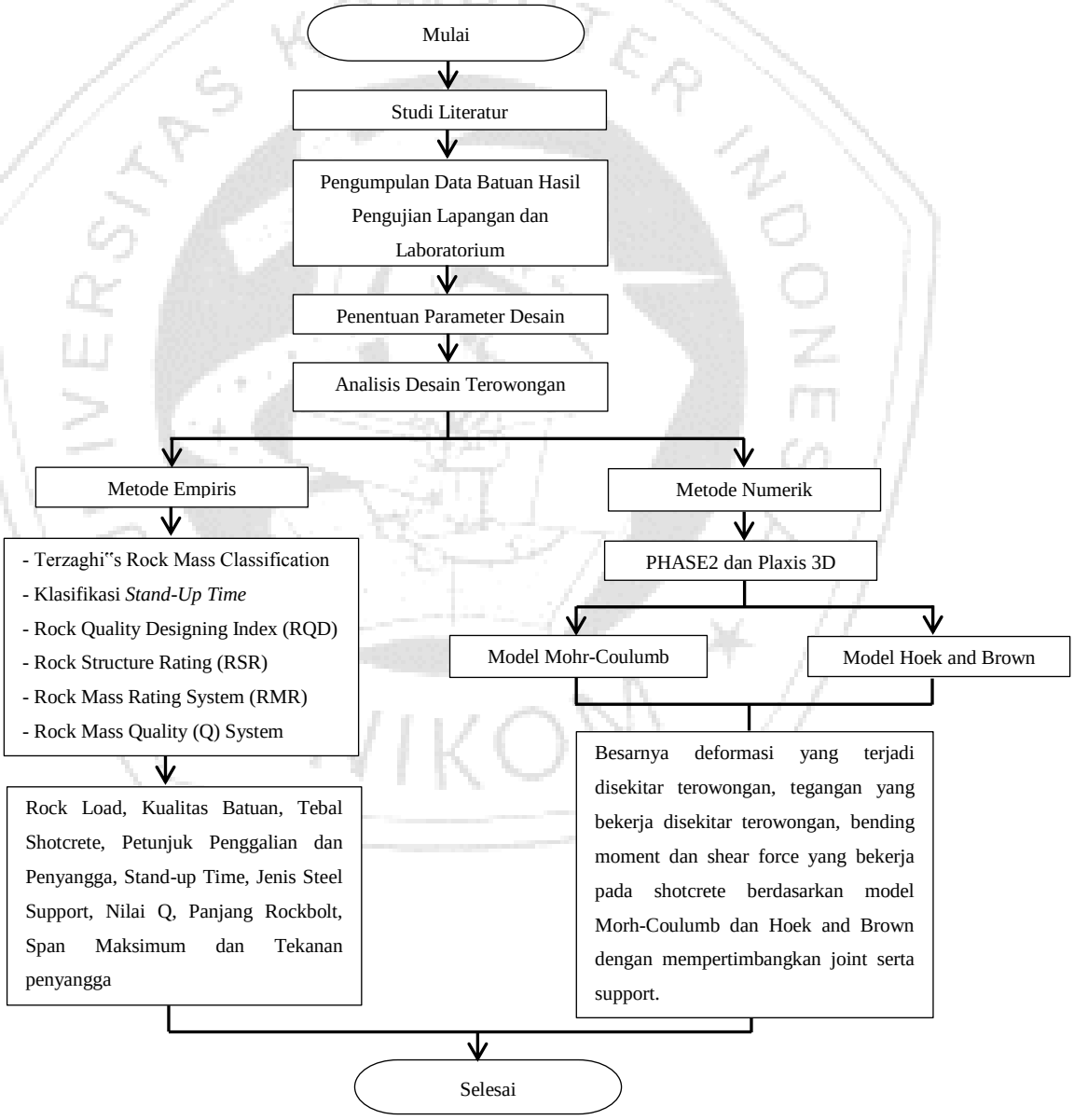
BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Bab ini akan membahas metode penelitian yang akan dilakukan untuk mendesain terowongan pada batuan. Berikut dijelaskan diagram alir yang menjelaskan urutan-urutan langkah yang diperlukan untuk mendesain terowongan pada batuan.



Gambar 3. 1 Diagram alir metode penelitian

Selanjutnya akan dibahas langkah-langkah dari diagram alir diatas.

3.2 Studi literatur

Pada tahap ini penulis mengumpulkan berbagai teori mengenai mekanika batuan, struktur geologi, terowongan serta metode analisis dan desain terowongan. Studi literatur dibahas pada bab 2.

3.3 Pengumpulan data batuan

Data ini berupa parameter dari batuan yang digunakan untuk mendesain terowongan. Nilai-nilai tersebut didapat dari tes di lapangan dan di laboratorium. Dari lapangan pengujian pada batuan yang umumnya dilakukan adalah pengujian RQD dan Insitu Permeability Test. Sedangkan pengujian yang dilakukan di laboratorium adalah uji Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compressive Strength), uji Triaxial, uji Kuat Tarik-uji Brazilia (Indirect Tensile Strength Test). Dari berbagai macam pengujian tersebut akan dihasilkan berbagai paremeter tanah. Terakhir adalah pengumpulan korelasi–korelasi parameter batuan.

3.4 Penentuan parameter desain

Setelah dihasilkan berbagai macam parameter batuan, selanjutnya dilakukan penentuan parameter batuan desain yang berguna dalam melakukan input parameter pada program komputer PHASE2 dan Plaxis 3D Tunnel untuk model Morh-Coulumb dan Hoek and Brown. Paremeter yang akan diinput untuk model Morh-Coulumb adalah berat isi bataun (γ), berat isi jenuh batuan (γ_d), kohesi (c), sudut geser (φ), sudut dilatansi (ψ), modulus young (E), angka poisson (ν), Sedangkan parameter yang akan diinput untuk model Hoek adn Brown adalah *geological stength index* (GSI), konstanta *m* untuk potongan batuan utuh (m_i), konstanta *m* untuk massa batuan (m_b), *uniaxial compressive strength* (σ_{ci}), berat isi batuan (γ), berat isi jenuh batuan (γ_d) , faktor disturbance (D), sudut dilatansi (ψ), modulus young (E). Pada studi ini parameter batuan desain diperoleh dari data studi terdahulu.

3.5 Analisis Desain Terowongan pada Batuan

Analisis desain terowongan pada bataun menggunakan metode empirik dan metode numerik.

3.6 Metode Empirik

Pada metode empirik ini terdapat beberapa macam metode, antara lain:

- Terzaghi‟s Rock Mass Classification.

  Metode yang diperkenalkan oleh Karl von Terzaghi pada tahun 1946 merupakan metode pertama yang cukup rasional yang mengevaluasi beban batuan untuk desain terowongan dengan penyangga baja.

- Klasifikasi Stand-Up Time.

  Klasifikasi yang diperkenalkan oleh Laufer pada tahun 1958 ini digunakan untuk mengetahui stand up time yang dibutuhkan untuk suatu konstruksi terowongan maka diperlukan klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR).

- Rock Quality Designing Index (RQD)

  Pada tahun 1967 D.U. Deere memperkenalkan *Rock Quality Designation* (RQD) sebagai sebuah petunjuk untuk memperkirakan kualitas dari massa batuan.

- Rock Structure Rating (RSR).

  Parameter geologi dan kostruksi merupakan dua faktor dari konsep RSR yang harus diperhatikan. Kedua faktor tersebut dapat dikelompokan dalam tiga parameter dasar yaitu parametar A, B dan C yang telah dijelaskan pada bab 2. Klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR) hanya dapat digunakan untuk terowongan berbentuk lingkaran dengan diameter maksimal 7.3 m.

- Rock Mass Rating System (RMR).

  Klasifikasi RMR menggunakan enam parameter antara lain kuat tekan batuan utuh (s*trength of intact rock material*), Rock Quality Designation (*RQD*), jarak antar (spasi) kekar (*spacing of discontinuities*), kondisi kekar (c*ondition of discontinuities*), kondisi air tanah (g*roundwater conditions*) dan orientasi Kekar *(orientation of discontinuities).*

- Rock Mass Quality (Q) System

  Q-System merupakan salah satu dari klasifikasi massa batuan yang dibuat berdasarkan studi kasus dilebih dari 200 kasus *tunneling* dan *caverns. Q-system* merupakan fungsi dari enam parameter yaitu *Rock Quality Designation, Joint set number, Joint roughness number, Joint alteration number, Joint water reduction factor* dan *Stress Reduction Factor.*

Metode-metode diatas dikerjakan berdasarkan data geologi dari lokasi studi. Yang kemudian data geologi ini akan sesuaikan berdasarkan tabel-tabel yang telah dijelaskan pada satudi literatur. Sehingga dari berbagai metode diatas maka akan diperoleh nilai Rock Load, Kualitas Batuan, Tebal Shotcrete, Petunjuk Penggalian dan Penyangga, Stand-up Time, Jenis Steel Support, Nilai Q, Panjang Rockbolt, Span Maksimum dan Tekanan penyangga. Dimana hasil rekomendasi penggalian dan penyangga pada metode empirik akan dianalisis ulang dengan menggunakan metode numerik.

3.7 Metode Numerik

Analisis metode numerik ini menggunakan program komputer PHASE2 dan Plaxis 3D Tunnel. Untuk PHASE2 pemodelan tanah/batuan yang digunakan adalah Mohr-Coulumb dan Hoek and Brown. Dengan mempertimbangkan joint maupun tanpa mempertimbangkan joint. Analisis PHASE2 akan ditinjau pada kondisi support dan unsupport. Dan Untuk Plaxis 3D Tunnel analisis hanya dilakukan dengan menggunakan pemodelan tanah/batuan berupa Mohr-Coulumb. Nilai yang akan dianalisis pada metode numerik adalah besarnya deformasi yang terjadi disekitar terowongan, tegangan yang bekerja disekitar terowongan, bending moment dan shear force yang bekerja pada shotcrete.