



BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Uraian Umum

Penelitian dilakukan dengan membagi penelitian menjadi empat tahapan penelitian. Adapun tahapan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi:

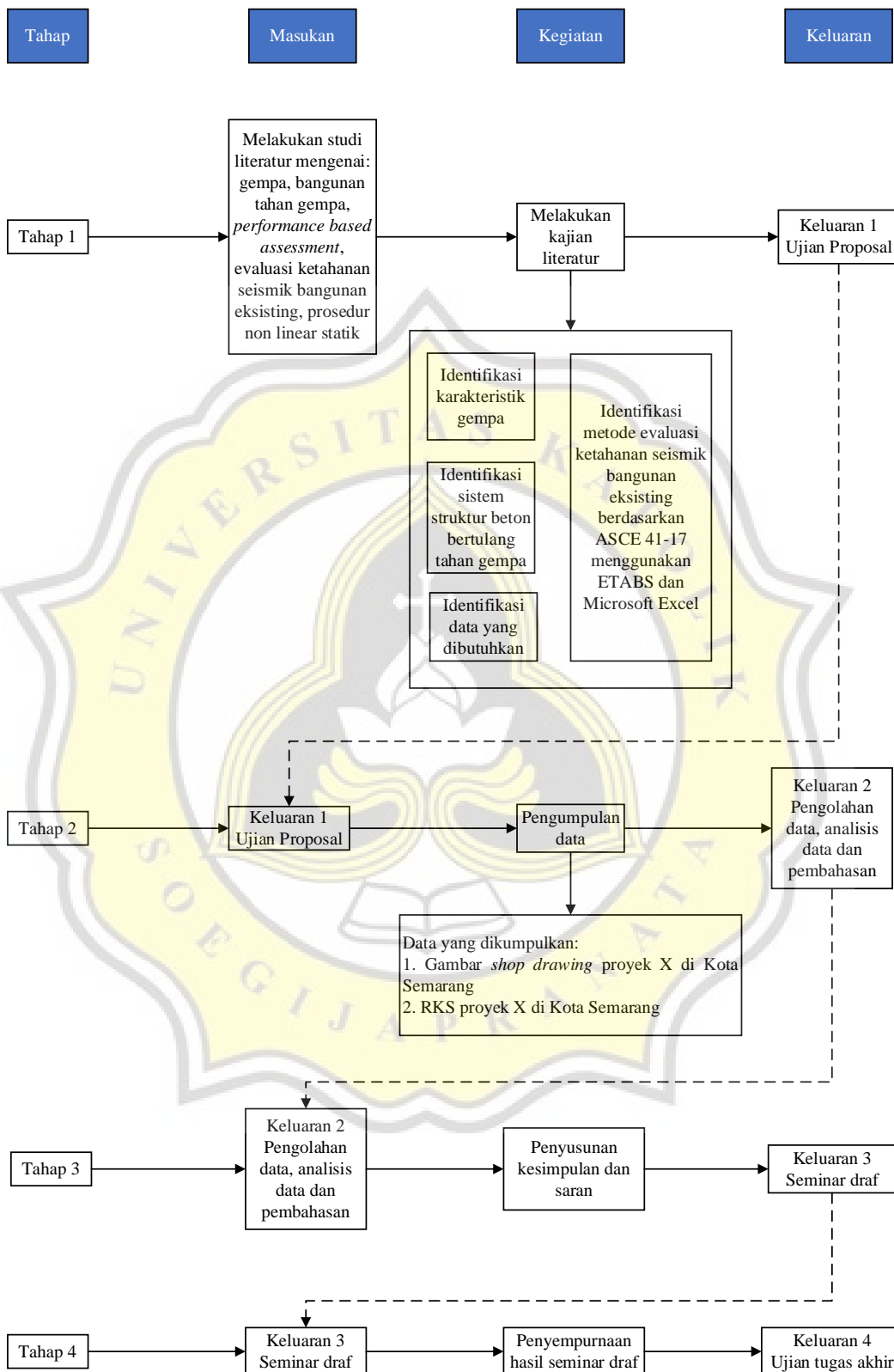
- a. Tahap 1, merupakan tahapan penelitian yang meliputi kegiatan pustaka dan kajian literatur dengan hasil penelitian Tahap 1 merupakan ujian proposal.
- b. Tahap 2, merupakan tahapan sebagai kegiatan lanjutan dari ujian proposal dengan beberapa kegiatan yaitu pengumpulan data. Hasil keluaran dari penelitian Tahap 2 yaitu pengolahan data, analisis data dan pembahasan.
- c. Tahap 3, merupakan tahapan penelitian yang meliputi penyusunan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil dari penelitian Tahap 2. Hasil keluaran dari penelitian Tahap 3 yaitu seminar draft.
- d. Tahap 4, merupakan tahapan akhir dari penelitian dengan beberapa kegiatan yaitu penyempurnaan hasil dari seminar draft. Adapun hasil keluaran dari Tahap 4 yaitu berupa ujian tugas akhir.

Tahap 1 penelitian ini yaitu melakukan kajian literatur dan kegiatan pustaka. Adapun kajian literatur yang dilakukan pada penelitian ini meliputi bencana gempa bumi, teknik kegempaan, sistem struktur atas, evaluasi ketahanan seismik bangunan eksisting berdasarkan ASCE 41-17. Kegiatan yang dilakukan pada Tahap 2 penelitian ini yaitu pengumpulan data gedung yang digunakan sebagai studi kasus dalam penelitian.

Adapun proyek pembangunan gedung yang digunakan sebagai studi kasus pada penelitian ini yaitu Proyek X di Kota Semarang. Data-data yang diperlukan untuk keperluan penelitian ini meliputi gambar DED, RKS (Rencana Kerja dan Syarat). Kegiatan pada Tahap 3 penelitian ini meliputi penyusunan kesimpulan dan saran berdasarkan keluaran dari penelitian Tahap 2. Tahap 4 penelitian ini merupakan kegiatan penyempurnaan hasil ujian draf pada Tahap 3. Tahapan penelitian yang dilakukan diperlihatkan pada Gambar 3.1.



Tugas Akhir
 Evaluasi Kekuatan Gedung 11 Lantai Berdasarkan SNI 1726:2019 dan Analisis Kinerja Berdasarkan ASCE 41-17
 (Studi Kasus Proyek X di Kota Semarang)



Gambar 3.1 Metode Penelitian



3.2. Tahap 1

Pada tahap ini terdapat beberapa kegiatan yang dilakukan meliputi pengumpulan sumber-sumber pustaka untuk melakukan studi literatur. Beberapa pustaka yang perlu dikumpulkan yaitu pustaka perihal bencana gempa bumi dan karakteristiknya. Adapun pustaka yang perlu dikumpulkan selain perihal bencana gempa bumi yaitu bangunan tahan gempa, *performance based assessment*. Pustaka lainnya yang perlu dikumpulkan untuk studi literatur yaitu standar-standar acuan mengenai tata cara penilaian ketahanan seismik bangunan.

Setelah sumber pustaka dikumpulkan maka dilakukan studi literatur untuk menyusun kajian-kajian literatur perihal penelitian ini. Kajian literatur yang disusun berdasarkan studi literatur meliputi identifikasi karakteristik gempa bumi, identifikasi sistem struktur bangunan beton bertulang tahan gempa, identifikasi data yang dibutuhkan untuk penelitian. Berdasarkan studi literatur dapat disusun pula kajian literatur perihal metode evaluasi ketahanan seismik pada bangunan eksisting berdasarkan ASCE 41-17.

3.3. Tahap 2

Kegiatan yang dilakukan pada Tahap 2 penelitian ini meliputi pengumpulan data-data pada proyek pembangunan Gedung X di Kota Semarang. Gedung yang digunakan sebagai studi kasus merupakan gedung perkantoran sehingga pemodelan dan analisis harus disesuaikan dengan fungsi bangunan. Beberapa tahapan yang akan dilalui untuk menyelesaikan penelitian Tahap 2 dijabarkan sebagai berikut.

3.3.1 Pengumpulan data

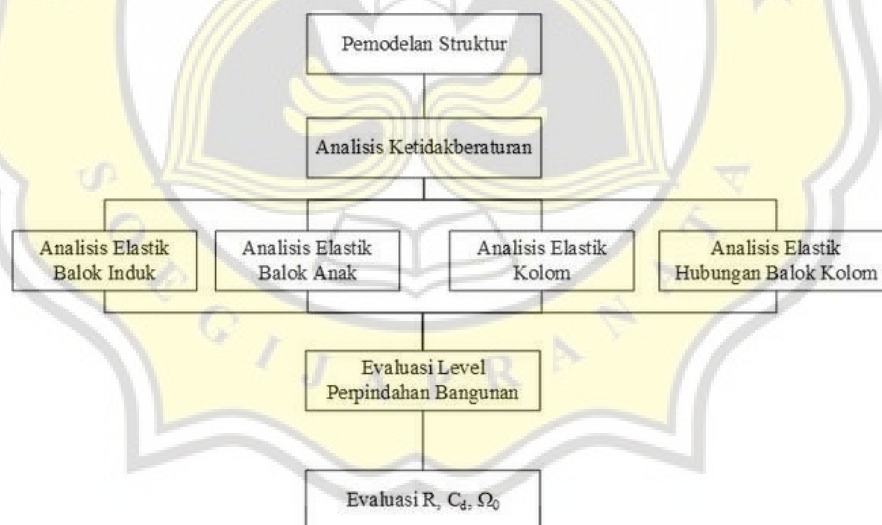
Data yang dikumpulkan untuk keperluan penelitian merupakan jenis data kuantitatif yang diperoleh langsung dari kontraktor pelaksana proyek Gedung X. Beberapa data yang akan digunakan meliputi gambar DED dan RKS. Data yang digunakan merupakan data dari proyek pembangunan Gedung X di Kota Semarang.



3.3.2 Pengolahan dan analisis data

Data diperoleh kemudian akan diolah dengan melakukan pemodelan struktur atas bangunan menggunakan *software* ETABS dan akan dilakukan perhitungan parameter-parameter evaluasi ketahanan seismik yang telah ditentukan pada standar acuan. Standar acuan yang digunakan pada penelitian ini yaitu ASCE 41-17, SNI 1726-2019, SNI 2847-2019 dan SNI 1727-2020.

Pemodelan struktur atas bangunan gedung pada Proyek X dilakukan berdasarkan data yang telah dikumpulkan untuk kemudian dilakukan analisis struktur bangunan secara 3 dimensi. Pemodelan dilakukan untuk dapat melakukan evaluasi ketidakberaturan, prosedur analisis linear dinamik untuk memeriksa kekuatan elemen terhadap gaya dalam yang bekerja. Prosedur analisis non linear statik dengan ASCE 41-17 untuk mengevaluasi simpangan struktur terhadap target level kinerja bangunan. Alur penelitian yang dilakukan pada tahap analisis dan pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Alur Analisis dan Pengolahan Data

Adapun tahapan yang akan dilakukan diuraikan sebagai berikut:

a. Pendefinisian satuan, standar dan *grid*

Tahap awal dalam melakukan pemodelan dengan alat bantu ETABS yaitu mendefinisikan satuan yang digunakan pada pemodelan dan *grid* bangunan. Berdasarkan lokasi bangunan yang berada di Indonesia maka satuan yang



digunakan untuk penelitian ini yaitu *metric* Standar Internasional (SI). Pada ETABS tidak disediakan standar acuan yang berlaku di Indonesia yaitu SNI oleh karena itu dapat digunakan standar yang dapat dirujuk di dalam SNI untuk dapat dipergunakan sebagaimana semestinya. *Grid* dan elevasi akan dimodelkan pada ETABS berdasarkan as bangunan yang tertera pada gambar DED sebagai garis acuan dalam penggambaran komponen struktur.

b. Pemodelan struktur atas gedung

Struktur yang dimodelkan pada penelitian ini yaitu struktur atas yang terdiri dari pelat lantai, balok dan kolom. Tahapan dalam melakukan pemodelan struktur atas bangunan dijabarkan sebagai berikut:

- b.1 Mendefinisikan material yang digunakan yaitu beton dengan mutu f_c' 25 MPa dan baja tulangan dengan f_y 400 MPa dan f_u 570 MPa.
- b.2 Mendefinisikan dimensi penampang pelat lantai, balok dan kolom.
- b.3 Mendefinisikan diafragma kaku sejumlah tingkat bangunan,
- b.4 Mendefinisikan respons spektrum berdasarkan kota bangunan dibangun
- b.5 Mendefinisikan sumber massa dengan mendefinisikan 100% beban mati dan 100% beban mati tambahan.
- b.6 Mendefinisikan *load pattern* yang bekerja meliputi berat sendiri bangunan, beban mati tambahan, beban hidup, beban angin, beban gempa yang bekerja pada arah x dan beban gempa yang bekerja pada arah y.
- b.7 Mendefinisikan *load case* meliputi berat sendiri bangunan, beban mati tambahan, beban hidup, beban angin, beban gempa pada arah x dan beban gempa pada arah y, beban gravitasi dan beban statik non-linier.
- b.8 Mendefinisikan kombinasi pembebanan seperti yang dapat dilihat pada Anak sub bab 2.3.1
- b.9 Menggambar elemen-elemen struktur yang telah didefinisikan.
- b.10 Mendefinisikan dan menentukan sendi plastis pada elemen balok dan kolom

c. Penentuan beban-beban yang bekerja pada elemen struktur

Terdapat beberapa beban yang bekerja pada bangunan yang telah diatur dalam standar acuan yang berlaku. Beberapa beban yang diperhitungkan pada penelitian



ini di antara lain: beban mati (berat sendiri bangunan), beban mati tambahan, beban hidup, beban angin, beban gempa. Besaran beban yang bekerja pada bangunan harus dibebankan berdasarkan sumber yang relevan untuk digunakan sebagai acuan. Beberapa beban yang bekerja pada bangunan diuraikan sebagai berikut:

1. Beban mati, berat sendiri material yang digunakan pada komponen struktur atas yang akan dimodelkan dengan ETABS seperti beton dan baja tulangan dengan besaran yang akan dijabarkan pada Bab 4.
2. Beban mati tambahan, beban yang secara permanen akan membebani bangunan secara terus menerus seperti spesi, penutup lantai, penutup langit-langit, *ducting mechanical*, dinding/penyekat ruangan seperti diperlihatkan pada Tabel 2.3.
3. Beban hidup, beban yang bekerja akibat dari penggunaan bangunan berdasarkan fungsi masing-masing ruangan yang telah direncanakan. Dengan demikian untuk menentukan beban hidup yang bekerja pada bangunan dapat digunakan acuan SNI 1727-2020. Adapun beban hidup yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.4.
4. Beban gempa, karena lokasi bangunan yang berada pada daerah yang rawan terhadap gempa maka bangunan harus dianalisis dengan memperhitungkan beban gempa yang akan memberikan gaya pada bangunan. Adapun beban gempa yang digunakan yaitu dari respons spektrum untuk analisis berdasarkan SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019 dan beban *Pushover* serta beban gravitasi untuk melakukan prosedur analisis non linear statik.

d. Analisis gaya geser tingkat dan ketidakberaturan konfigurasi

Setelah pemodelan selesai dilakukan tahap selanjutnya adalah melakukan penskalaan gaya gempa dinamik agar mencapai 100% nilai gaya gempa statik seperti dijabarkan pada Anak sub bab 2.3.2 poin b.3. Namun pada penelitian ini penskalaan gaya tidak dilakukan namun diperhitungkan. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan konfigurasi bangunan untuk mengevaluasi ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal berdasarkan SNI 1726-2019. Dengan



beberapa ketidakberaturan yang ditemukan selanjutnya adalah mencari konsekuensi-konsekuensi akibat adanya ketidakberaturan pada bangunan seperti diperlihatkan pada Tabel 2.15 dan Tabel 2.16.

e. Analisis elastik balok

Kapasitas struktur elemen balok dievaluasi dengan konsep desain kekuatan dan desain kapasitas berdasarkan SNI 2847-2019. Persamaan-persamaan yang digunakan dalam analisis elastik balok dapat dilihat pada Anak sub bab 2.3.2 poin d sesuai dengan tahapan perhitungan. Adapun tahapan perhitungan untuk analisis elastik elemen balok berdasarkan SNI 2847-2019 sebagai berikut:

- e.1. Pemeriksaan gaya aksial tekan terfaktor pada balok dengan Persamaan 2.27,
- e.2. Pemeriksaan bentang bersih terhadap dimensi balok dengan Persamaan 2.29,
- e.3. Pemeriksaan syarat lebar balok dengan Persamaan 2.31 dan Persamaan 2.32,
- e.4. Pemeriksaan tulangan perlu terhadap tulangan terpasang dengan Persamaan 2.33 sampai Persamaan 2.39,
- e.5. Pemeriksaan kapasitas penampang aktual terhadap momen lentur yang bekerja dengan Persamaan 2.40 sampai Persamaan 2.47,
- e.6. Pemeriksaan jarak spasi antar tulangan dengan Persamaan 2.48 dan Persamaan 2.49,
- e.7. Pemeriksaan kapasitas elemen terhadap gaya geser desain yang bekerja dengan Persamaan 2.50 sampai Persamaan 2.63,
- e.8. Pemeriksaan detail tulangan pada arah memanjang dengan Persamaan 2.64 sampai Persamaan 2.67 dan arah melintang seperti diperlihatkan pada Gambar 2.19,
- e.9. Pemeriksaan panjang penyaluran dengan Persamaan 2.68 dan Persamaan 2.69,
- e.10. Pemeriksaan luas tulangan torsi perlu dengan menggunakan Persamaan 2.81 sampai Persamaan 2.96,



e.11. Pemeriksaan jarak antar sengkang akibat torsi dengan Persamaan 2.97 sampai Persamaan 2.100.

f. Analisis elastik balok anak

Elemen balok anak dan *tie beam* tidak diperiksa sebagai sistem pemikul gaya seismik. Oleh karenanya balok anak diperiksa terhadap, kapasitas momen lentur, spasi sengkang akibat torsi dan luas tulangan akibat torsi. Adapun langkah perhitungannya dijabarkan sebagai berikut.

f.1 Pemeriksaan luas tulangan perlu dengan Persamaan 2.70 sampai Persamaan 2.76,

f.2 Pemeriksaan kekuatan lentur dengan Persamaan 2.77 sampai Persamaan 2.80,

f.3 Pemeriksaan luas tulangan torsi perlu dengan Persamaan 2.81 sampai Persamaan 2.96,

f.4 Pemeriksaan jarak antar sengkang akibat torsi dengan Persamaan 2.97 sampai Persamaan 2.100.

g. Analisis elastik kolom

g.1. Elemen kolom merupakan salah satu elemen yang dapat berfungsi sebagai rangka pemikul momen. Persamaan-persamaan yang digunakan dalam analisis elastik kolom dapat dilihat pada Anak sub bab 2.3.2 poin f sesuai dengan tahapan perhitungan. Perhitungan kolom SRPMK dihitung dengan analisis elastik dengan konsep desain kekuatan dan desain kapasitas berdasarkan SNI 2847-2019 dijabarkan sebagai berikut:

g.2. Pemeriksaan persyaratan dimensi elemen kolom dengan Persamaan 2.101 sampai Persamaan 2.103 serta pemeriksaan persyaratan gaya aksial tekan dengan Persamaan 2.104 lalu pemeriksaan persyaratan rasio tulangan dengan Persamaan 2.105 dan Persamaan 2.106,

g.3. Pemeriksaan konsep *strong column-weak beam* dengan Persamaan 2.107 sampai Persamaan 2.124,

g.4. Pemeriksaan kapasitas elemen terhadap momen lentur yang bekerja dengan Persamaan 2.125 dengan bantuan program SPColumn,



- g.5. Pemeriksaan luas kebutuhan tulangan pengekang dengan Persamaan 2.126 sampai Persamaan 2.132,
- g.6. Pemeriksaan kapasitas elemen terhadap gaya geser desain yang bekerja dengan Persamaan 2.133 sampai Persamaan 2.142,
- g.7. Pemeriksaan detail tulangan pada arah memanjang dengan Persamaan 2.143 sampai Persamaan 2.146 dan arah melintang seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.19 dan Gambar 2.20,
- g.8. Pemeriksaan panjang sambungan lewatan dengan Persamaan 2.148 sampai Persamaan 2.156.

h. Analisis elastik hubungan balok kolom

Hubungan balok kolom merupakan titik pertemuan antara balok dan kolom sehingga kapasitas geser pada hubungan balok kolom perlu dievaluasi agar dapat mengetahui risiko kegagalan geser pada hubungan balok kolom. Persamaan-persamaan yang digunakan dalam analisis elastik hubungan balok kolom dapat dilihat pada Anak sub bab 2.3.2 poin g sesuai dengan tahapan perhitungan. Adapun dalam melakukan evaluasi pada hubungan balok kolom digunakan konsep desain kekuatan dan desain kapasitas dengan tahapan yang dijabarkan sebagai berikut:

- h.1. Menghitung gaya geser *joint* dengan Persamaan 2.157 sampai Persamaan 2.174,
- h.2. Menghitung luas *joint* efektif dengan Persamaan 2.177 sampai Persamaan 2.179 dan memeriksa koefisien kekuatan dengan Gambar 2.23,
- h.3. Mengevaluasi kekuatan geser hubungan balok kolom terhadap gaya geser yang bekerja pada hubungan balok kolom dengan Persamaan 2.175 sampai Persamaan 2.176.

i. Analisis kinerja struktur

Kinerja struktur yang dievaluasi pada struktur bangunan secara global adalah perpindahan struktur terhadap target kinerja bangunan. Oleh karenanya pada evaluasi kinerja struktur akan digunakan alat bantu yaitu ETABS v.18.1.1,



XTRACT v3.0.8 dan digunakan standar ASCE 41-17. Analisis kinerja struktur dilakukan untuk memperoleh kurva kapasitas yang selanjutnya akan digunakan untuk melakukan evaluasi dengan metode *Equal Displacement* dan metode *equal energi*. Adapun dalam melakukan evaluasi kinerja bangunan digunakan prosedur non linear statik dengan tahapan sebagai berikut:

- i.1. Analisis properti inelastik dari penampang kolom dan balok yang direpresentasikan dalam hubungan momen-kurvatur dengan bantuan perangkat lunak XTRACT,
- i.2. Analisis hubungan momen-rotasi balok berdasarkan Persamaan 2.7 sampai Persamaan 2.9 dan dengan menggunakan Tabel 2.1,
- i.3. Analisis non linear statik dengan memasukkan hubungan momen-rotasi yang telah dihitung ke perangkat lunak ETABS untuk mendefinisikan *hinge property*, *assign frame hinge*, *run analysis*, analisis kurva kapasitas,
- i.4. Analisis dengan metode *Equal Displacement* dengan Persamaan 2.1 sampai Persamaan 2.3 dan metode *Equal Energy* dengan Persamaan 2.4 sampai Persamaan 2.6.

3.4. Tahap 3

Tahap 3 penelitian ini meliputi kegiatan penyusunan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil keluaran pada Tahap 2 penelitian. Keluaran pada Tahap 3 penelitian ini adalah ujian draf. Kesimpulan merupakan pernyataan mengenai hasil dari pengolahan, analisis dan pembahasan data yang telah dilakukan pada Tahap 2. Adapun penyusunan kesimpulan memiliki tujuan untuk menjabarkan jawaban atas beberapa pertanyaan yang telah dijabarkan pada bagian rumusan masalah.

Penyusunan saran dilakukan setelah penyusunan kesimpulan atas penelitian yang telah dilakukan. Saran yang disusun ditujukan kepada pembaca laporan penelitian dengan tujuan untuk pengembangan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan bidang keilmuan yang diteliti. Adapun penyusunan saran tidak dilakukan atas dasar pendapat penulis yang tidak berdasar. Penyusunan saran dilakukan



berdasarkan data dan analisis serta pembahasan yang dilakukan pada Tahap 2 penelitian yang dijabarkan dalam laporan penelitian yang telah dilakukan.

3.5. Tahap 4

Kegiatan pada Tahap 4 penelitian ini meliputi penyempurnaan dari keluaran ujian draf yang telah dilakukan berupa perbaikan laporan penelitian. Setelah hasil seminar draf disempurnakan maka kegiatan selanjutnya pada penelitian ini yaitu dilaksanakannya ujian tugas akhir. Laporan penelitian disempurnakan kembali setelah tahap pelaksanaan ujian tugas akhir agar laporan dapat digunakan dengan baik sebagai rujukan bagi penelitian berikutnya.