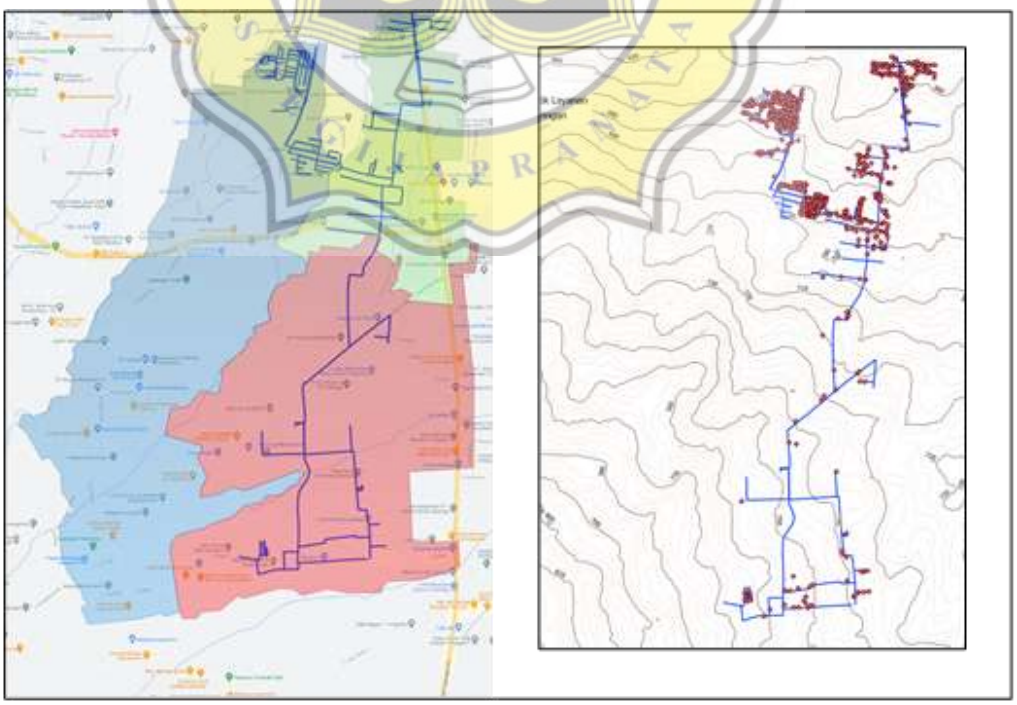
BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Uraian Umum

Metodologi merupakan sebuah cara yang dilakukan untuk mencapai tujuan dari suatu penelitian. Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahap yang dilakukan yaitu lokasi studi, pengumpulan data dan proses analisis sistem jaringan berdasarkan data yang telah dikumpulkan.

3.2 Lokasi Studi

Lokasi studi terletak di Kelurahan Noborejo, Kelurahan Randuacir, serta Kelurahan Cebongan yang menjadi daerah zona layanan SPAM Noborejo. Ketiga Kawasan terletak di Kota Salatiga, Jawa Tengah dengan letak geografis antara 7,349291˚LS hingga 7,387816˚LS dan 110,48759˚BT hingga 110,515513˚BT. Kawasan ini mempunyai luas wilayah 8,57 km^2. Topografi wilayah ini berupa kawasan datar (Kelurahan Noborejo) serta lereng (Kelurahan Randuacir dan Cebongan). Zona layanan SPAM Noborejo diperlihatkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Studi Serta Jaringan *Existing* Milik PDAM Kota Salatiga (Sumber: PDAM Kota Salatiga, 2020)

Area berwarna merah merupakan batas wilayah Kelurahan Noborejo. Area berwarna biru menunjukkan batas wilayah Kelurahan Randuacir. Area berwarna hijau menunjukkan batas wilayah Kelurahan Cebongan.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung penelitian yang dilakukan. Data yang dikumpulkan berupa data sekunder yang didapatkan dari Instansi daerah (PDAM Kota Salatiga), sumber tertulis, kajian pustaka, maupun penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Beberapa data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain:

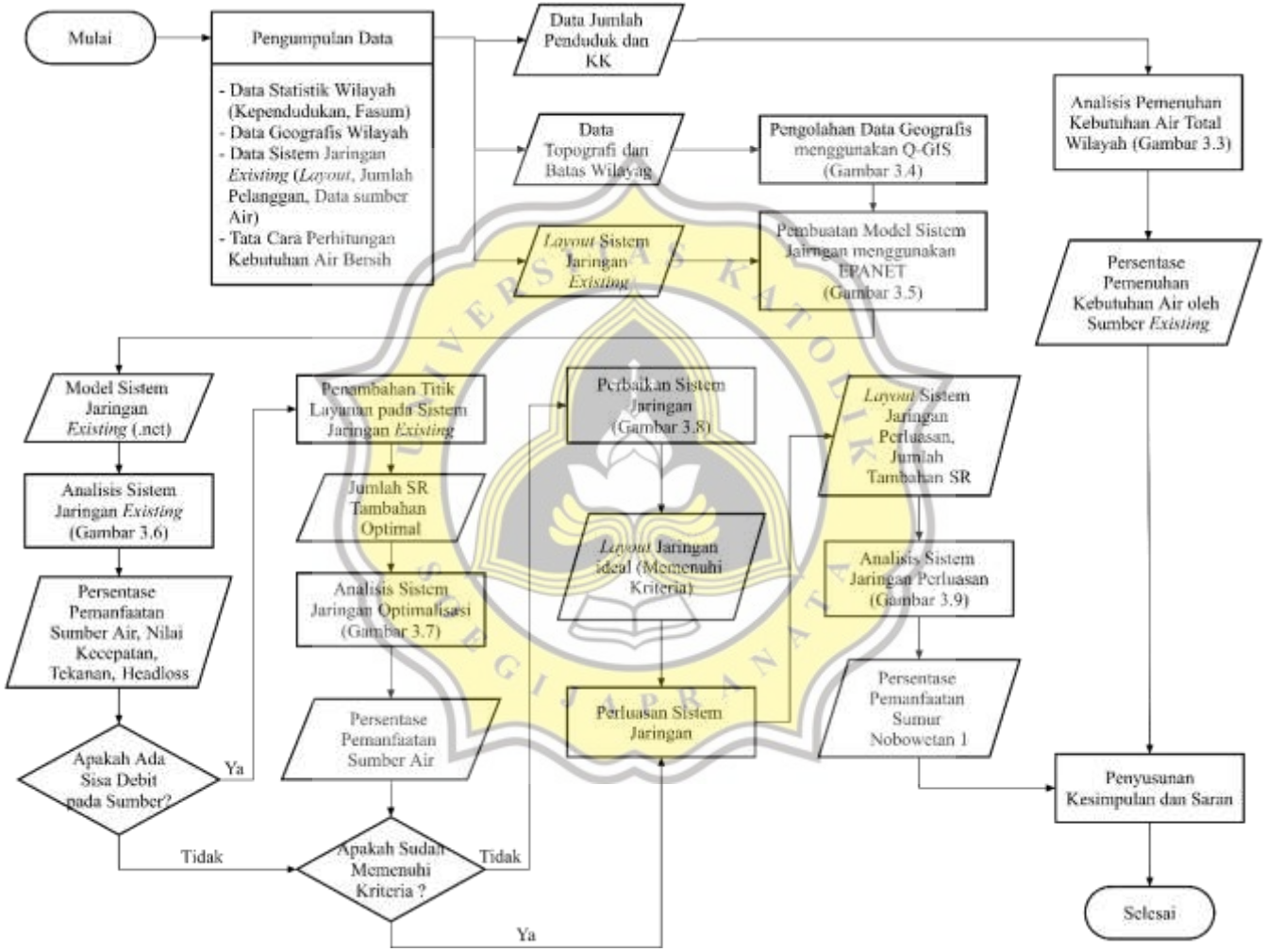
a. Data geografis Kelurahan Randuacir, Cebongan dan Noborejo mencakup elevasi dan kontur wilayah.
b. *Layout* dan spesifikasi sistem jaringan *existing* milik PDAM Kota Salatiga.
c. Lokasi, koordinat, dan data debit sumber air baku milik PDAM Kota Salatiga.
d. Data statistik jumlah rekening dan koordinat pelanggan PDAM Kota Salatiga.
e. Data statistik jumlah penduduk, jumlah kepala keluarga, dan fasilitas umum di Kelurahan Noborejo, Cebongan dan Randuacir.
f. Tata cara perhitungan debit kebutuhan (*base demand*) berdasarkan kategori wilayah (domestik dan non domestik).
g. Nilai faktor fluktuasi air bersih tiap jam (selama 24 jam).

3.4 Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap. Mulai dari proses pengumpulan data, pengolahan data hingga didapatkannya hasil (*output*) penelitian. Untuk mempermudah penulisan penelitian, disusun diagram alir yang memperlihatkan tahapan yang dilalui dalam penelitian.

3.4.1 Diagram alir penelitian secara umum

Diagram alir ini menggambarkan tahapan yang dilalui mulai dari awal proses penelitian hingga hasil luaran (*output*) penelitian yang disusun secara urut dan sistematis. Diagram alir penelitian secara umum diperlihatkan dalam Gambar 3.2.



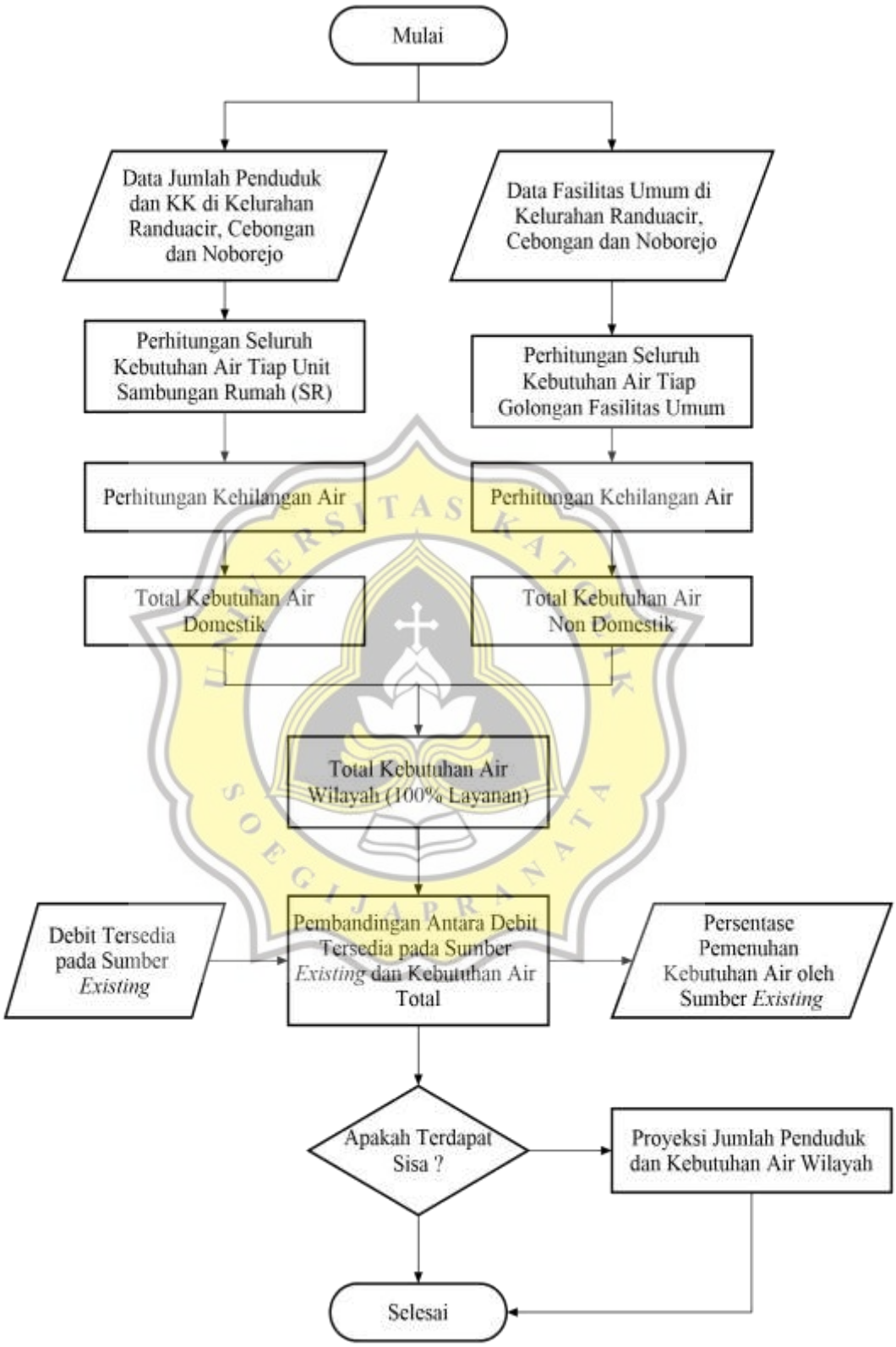
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian Secara Umum

3.4.2 Diagram alir analisis pemenuhan kebutuhan air total wilayah

Diagram alir ini menggambarkan proses analisis kebutuhan air total pada wilayah layanan SPAM Noborejo (Kelurahan Randuacir, Cebongan dan noborejo) serta persentase pemenuhan kebutuhan dengan menggunakan tiga sumber *existing*. Perhitungan kebutuhan air bersih mengacu pada Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU tahun 1996 tentang perencanaan kebutuhan air domestik dan non domestik.

Kebutuhan air domestik dihitung berdasarkan data statistik jumlah penduduk dan kepala keluarga (KK) dengan mengasumsikan 100% sambungan rumah (SR) dalam wilayah layanan terpenuhi. Nilai kebutuhan air domestik total didapatkan melalui hasil akumulasi kebutuhan tiap penduduk ditambah dengan nilai kehilangan air yang terjadi. Untuk kebutuhan air non domestik dihitung berdasarkan jumlah fasilitas umum yang terdapat dalam wilayah layanan mencakup (instansi pemerintah, yayasan sosial, niaga, industri, sekolah, dan lain sebagainya). Nilai kebutuhan air non domestik total didapatkan melalui hasil akumulasi kebutuhan air tiap golongan fasilitas ditambah dengan nilai kehilangan air yang terjadi. Akumulasi kebutuhan domestik total dan non domestik total menghasilkan nilai kebutuhan total wilayah dengan asumsi 100% layanan.

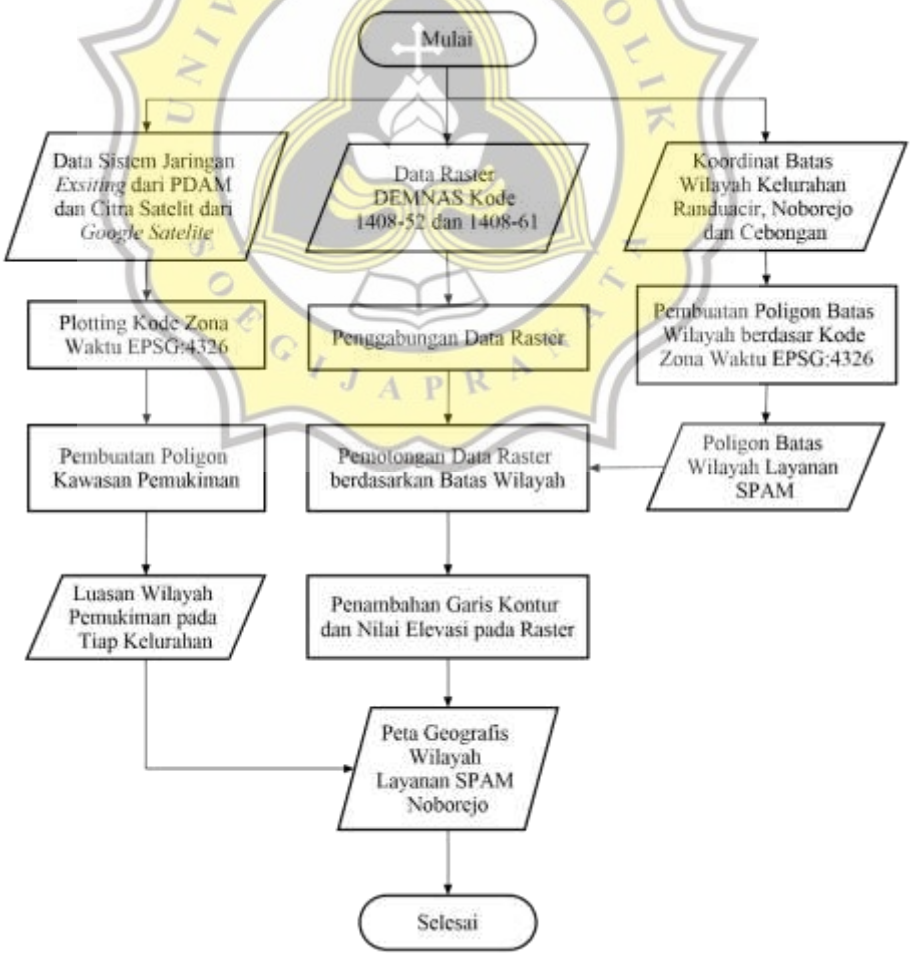
Nilai kebutuhan total dibandingkan dengan nilai ketersediaan debit pada sumber yang ada pada saat ini (*existing*). Hasil perbandingan antara ketersediaan debit serta kebutuhan total pada wilayah menghasilkan luaran berupa persentase pemenuhan kebutuhan air oleh sumber *existing*. Melalui data luaran tersebut maka dapat diketahui apakah ketiga sumber yang ada dapat memenuhi kebutuhan air total masyarakat dengan asumsi 100% wilayah terlayani. Apabila ketiga sumber *existing* dapat memenuhi kebutuhan total masyarakat, maka dilakukan analisis pemenuhan kebutuhan air untuk periode waktu kedepan dengan melakukan proyeksi jumlah penduduk. Apabila ketiga sumber yang ada tidak dapat memenuhi kebutuhan total wilayah maka dapat diketahui persentase maksimum pemenuhan kebutuhan air dengan menggunakan sumber *existing*. Diagram alir dalam proses analisis pemenuhan kebutuhan air total wilayah diperlihatkan dalam Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Alir Analisis Pemenuhan Kebutuhan Air Total Wilayah

3.4.3 Diagram alir pengolahan data geografis menggunakan *Quantum-GIS*

Diagram alir ini menggambarkan proses pengolahan data geografis dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Quantum-GIS* yang digunakan dalam pembuatan model sistem jaringan. Data yang digunakan berupa data raster yang didapatkan dari DEMNAS dengan kode 1408-52 dan 1408-61, serta data koordinat batas wilayah hasil *plotting* menggunakan *google earth*. Data raster yang didapatkan digabungkan menjadi satu *layer* untuk kemudian di plot sesuai koordinat zona waktu UTM yang sesuai dengan letak wilayah pada peta (kode zona waktu EPSG:4326). Data raster kemudian di potong sesuai batas koordinat batas wilayah yang telah diubah dalam bentuk poligon dan telah dilakukan penyesuaian zona waktu (UTM) dan ditambahkan citra garis kontur. Diagram alir proses pengolahan data geografis diperlihatkan dalam Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram Alir Pengolahan Data Geografis Menggunakan *Quantun-GIS*

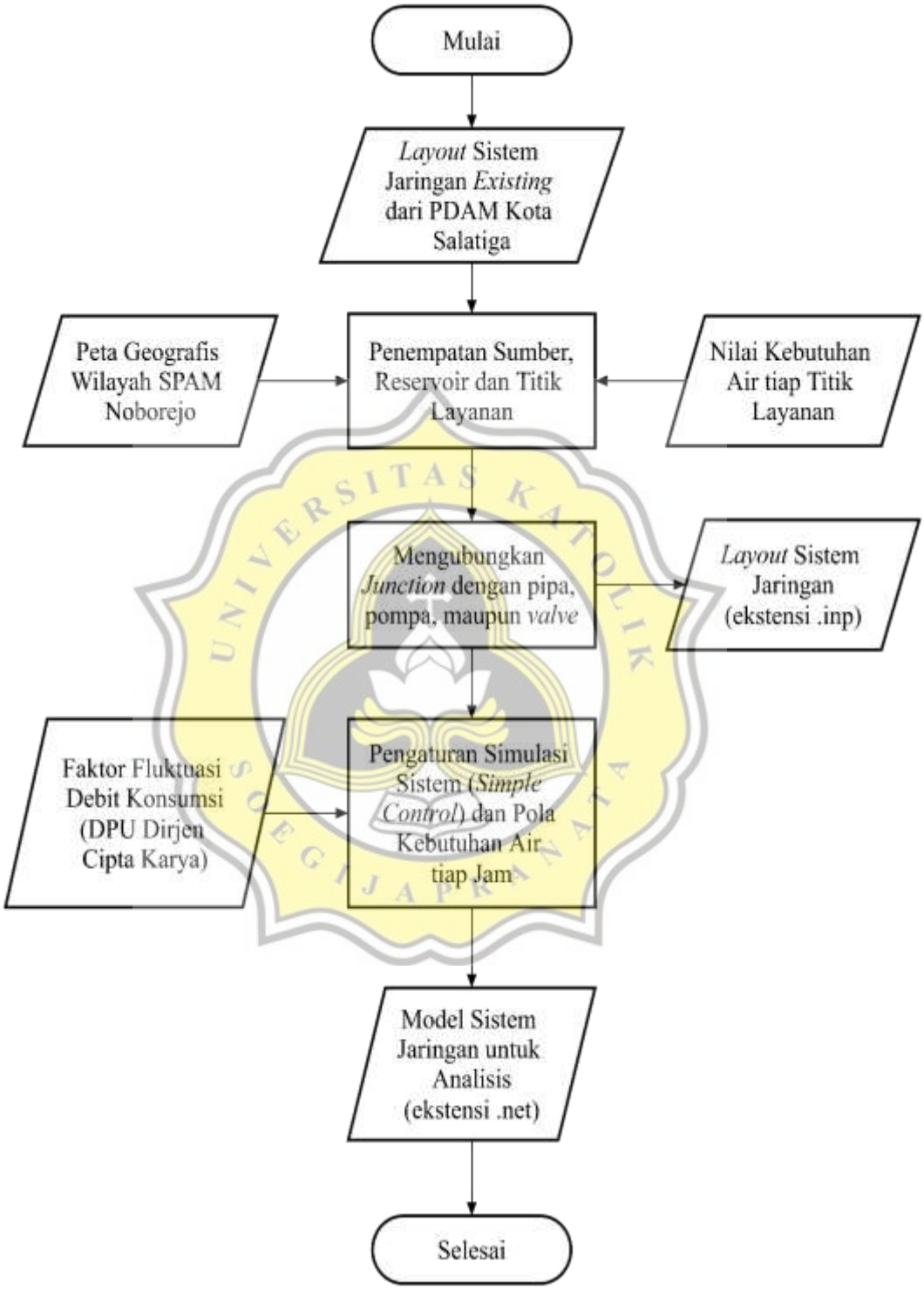
3.4.4 Diagram alir pembuatan model sistem jaringan menggunakan EPANET

Diagram alir ini menggambarkan proses permodelan sistem jaringan menggunakan EPANET untuk menghasilkan luaran berupa model dan sistem simulasi yang menyerupai kondisi aktual. Proses pembuatan model sistem jaringan pada tahap *existing*, optimalisasi, perbaikan maupun perluasan melalui tahap yang sama. Mulai dari plot sistem jairngan berdasarkan gambar acuan, memasukan (*input*) data pada tiap elemen, perintah serta pengaturan simulasi hingga menghasilkan model sistem jaringan yang siap untuk di analisis dalam bentuk file *net*. *Layout* sistem jaringan yang menjadi acuan awal dalam permodelan sistem jaringan didapatkan dari PDAM Kota Salatiga.

Layout sistem jaringan kemudian di plot ke dalam EPANET dalam bentuk titik layanan (*junction*) dengan memasukkan data elevasi yang didapatkan dari peta geografis wilayah dan kebutuhan air dasar (*base demand*) pada tiap titik layanan. Selain itu pengaturan terhadap kedalaman sumber air (sumur) dan kapasitas pompa perlu disesuaikan dengan kondisi aktual. *Junction* dihubungkan dengan pipa, pompa, maupun *valve* untuk menghasilkan luaran berupa *layout* dasar dalam bentuk *file* berekstensi *inp*. Pada layout dasar dilakukan proses *skeletonization* untuk menyederhanakan bentuk jaringan *existing* tanpa mengubah perilaku jaringan (Arnalich, 2011). Proses ini mempermudah proses analisis hidrolik tanpa memberikan efek yang cukup signifikan terhadap perilaku fluida di dalam jaringan.

Pengaturan sistem buka tutup pompa serta pipa untuk menyesuaikan kapasitas reservoir dapat dilakukan dengan memberi fungsi logika pada jendela *simple control*. Hal ini dilakukan untuk menyesuaikan kondisi aktual mengingat adanya Zona layanan dengan layanan sistem hanya selama dua jam tiap hari nya. Pengaturan pola kebutuhan air tiap jam mengacu pada nilai faktor fluktuasi air yang didapatkan dari DPU Dirjen Cipta Karya.

Diagram alir proses pembuatan model sistem jaringan menggunakan EPANET diperlihatkan dalam Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram Alir Pembuatan Model Sistem Jaringan Menggunakan EPANET

3.4.5 Diagram alir analisis sistem jaringan *existing* menggunakan EPANET

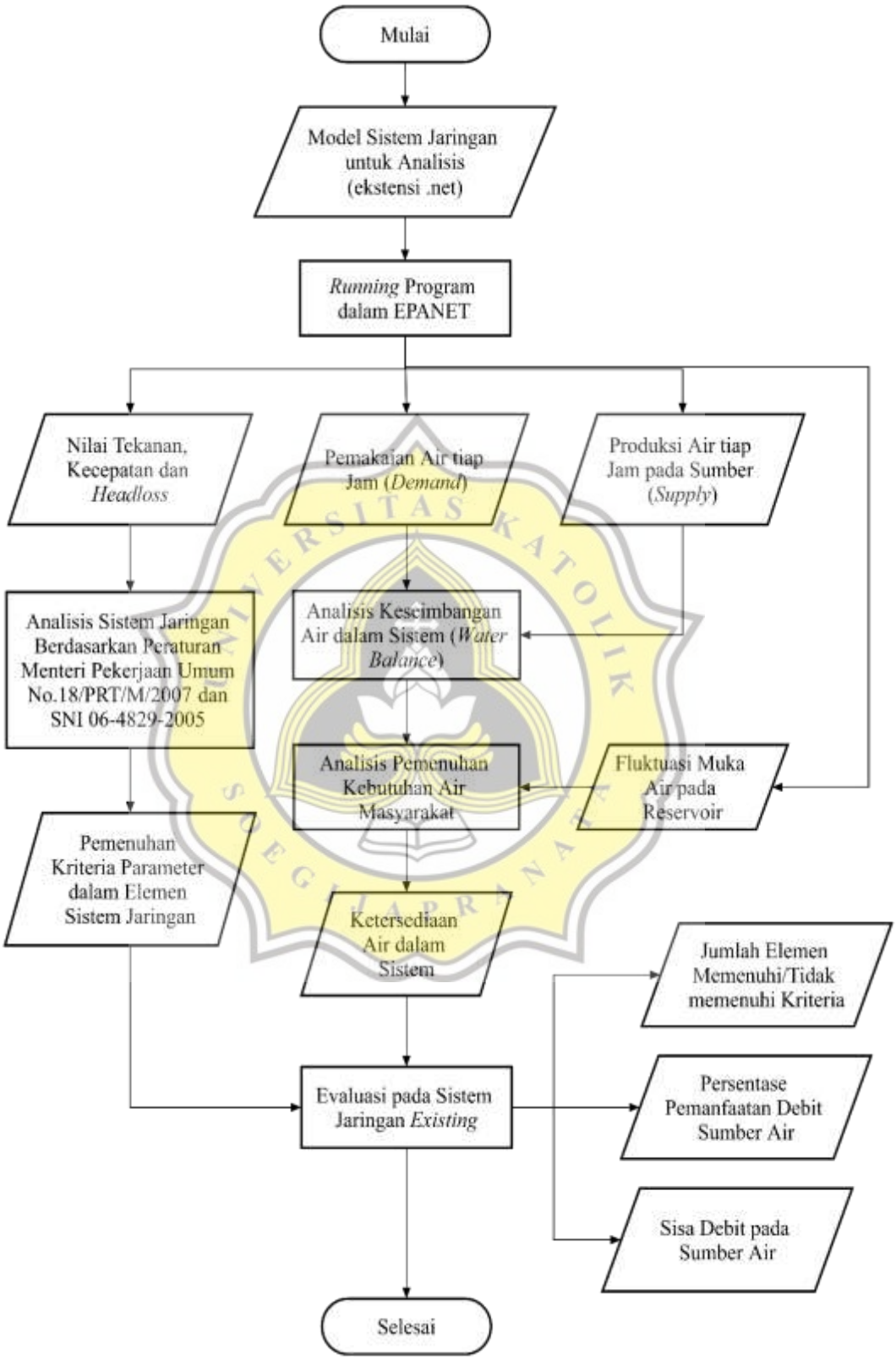
Diagram alir ini menggambarkan proses analisis sistem jaringan pada kondisi *existing*. Analisis dilakukan dengan menggnakan bantuan perangkat lunak EPANET. Setelah didapatkan model sistem jaringan dalam bentuk *net*, maka dilakukan *running* pada program EPANET dengan hasil berupa data:

a. Nilai tekanan, kecepatan dan *headloss* tiap elemen pada sistem jaringan,
b. Nilai debit pemakaian (*demand*) air tiap jam,
c. Nilai debit produksi (*supply*) air tiap jam pada sumber,
d. Nilai fluktuasi muka air dalam reservoir.

Dari data nilai tekanan, kecepatan dan *headloss* dilakukan analisis untuk mengetahui apakah sistem jaringan *existing* telah memenuhi kriteria berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007, 2007 dan SNI 06-4829-2005. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, didapatkan data jumlah elemen yang memenuhi dan tidak memenuhi kriteria.

Berdasarkan data nilai pemakain air tiap jam (*demand)* dan produksi air tiap jam pada sumber (*supply)* dilakukan analisis keseimbangan air dalam sistem (*water balance*) untuk mengetahui nilai surplus atau defisit yang terjadi pada nilai ketersediaan air. Hasil analisis keseimbangan air dihubungkan dengan data fluktuasi muka air yang terjadi dalam reservoir untuk dilakukan analisis pemenuhan kebutuhan air masyarakat. Analisis pemenuhan air kebutuhan air masyarakat dilakukan untuk mengetahui apakah ketersediaan air dapat mencukupi kebutuhan air masyarakat pada sistem jaringan *existing*. Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui nilai ketersediaan air dalam sistem jaringan.

Berdasarkan data tersebut maka dilakukan evaluasi pada sistem jaringan *existing* dengan melakukan perhitungan persentase pemanfaatan debit sumber air dan juga sisa debit yang tersedia pada sumber air. Diagram alir analisis sistem jaringan *existing* menggunakan EPANET diperlihatkan pada Gambar 3.6



Gambar 3.6 Diagram Alir Analisis Sistem Jaringan *Existing* Menggunakan EPANET

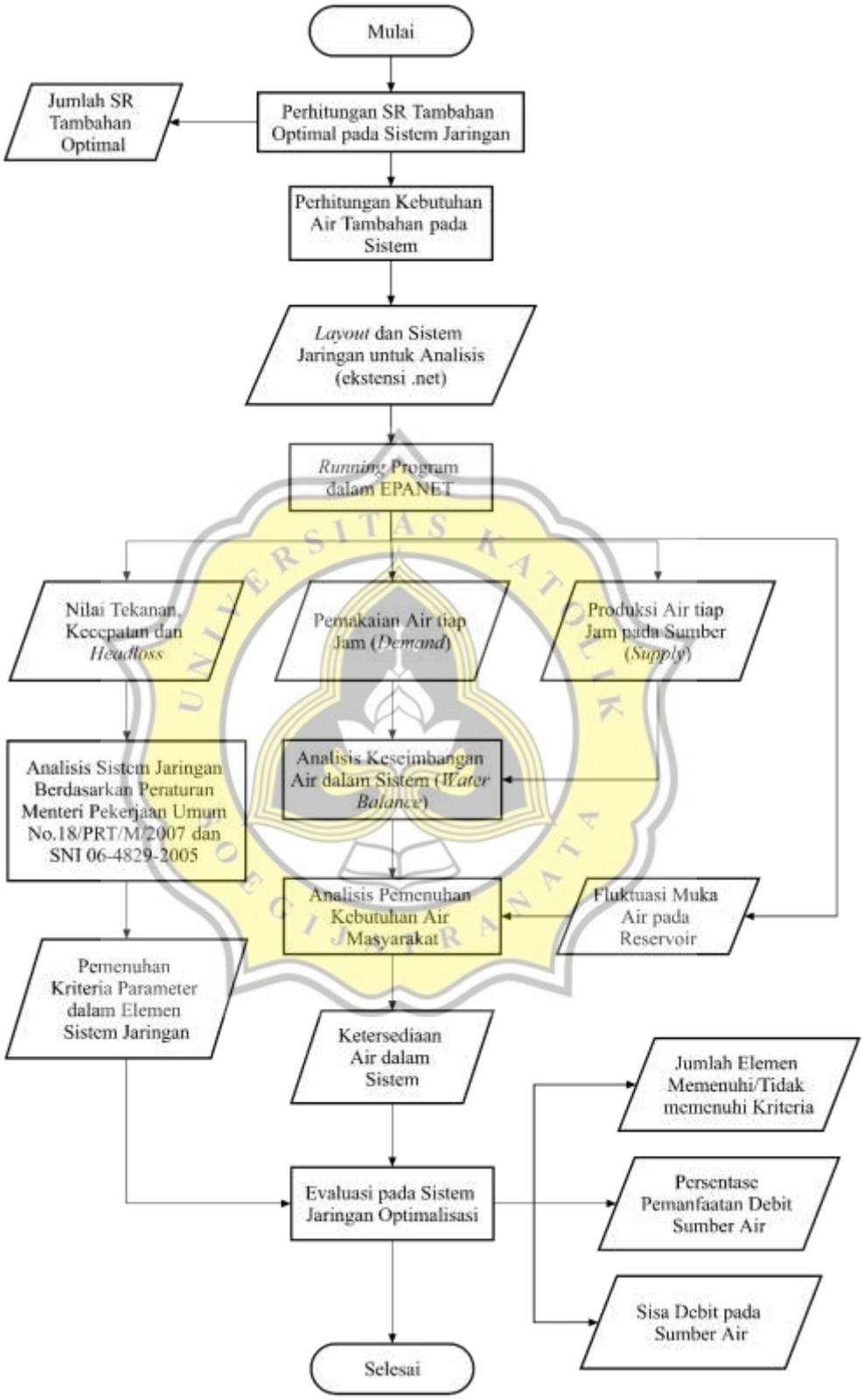
3.4.6 Diagram alir analisis sistem jaringan optimalisasi menggunakan EPANET

Diagram alir ini menggambarkan proses analisis sistem jaringan yang telah di optimalisasi. Optimalisasi dilakukan dengan menambah jumlah sambungan rumah (SR) untuk meningkatkan layanan sumber *existing* hingga mencapai 100%. Penambahan SR dilakukan untuk menghasilkan jumlah SR optimal yang mampu dilayani oleh sumber *existing.* Selanjutnya, dilakukan perhitungan kebutuhan air tambahan untuk kemudian ditambahkan dalam model sistem jaringan (*net*).

Setelah didapatkan model sistem jaringan dalam bentuk *net*, maka dilakukan *running* pada program EPANET dengan hasil berupa data nilai tekanan, kecepatan dan *headloss* tiap elemen pada sistem jaringan, nilai debit pemakaian (*demand*) dan produksi (*supply*) air tiap jam pada sumber, serta nilai fluktuasi muka air dalam reservoir.

Dari data nilai tekanan, kecepatan dan *headloss* dilakukan analisis untuk mengetahui apakah sistem jaringan *existing* telah memenuhi kriteria berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007, 2007 dan SNI 06-4829-2005. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, didapatkan data jumlah elemen yang memenuhi dan tidak memenuhi kriteria.

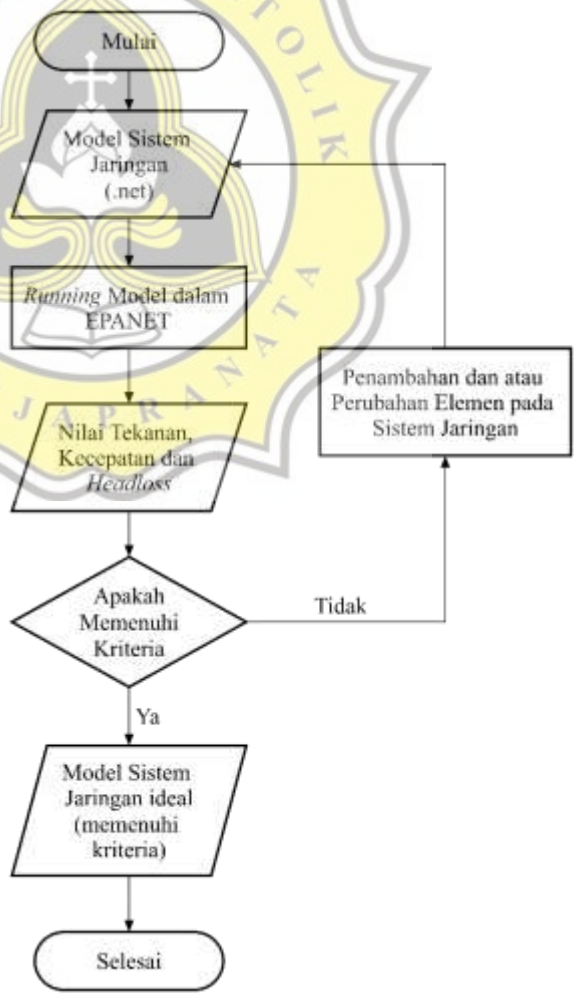
Berdasarkan data nilai pemakain air tiap jam (*demand)* dan produksi air tiap jam pada sumber (*supply)* dilakukan analisis keseimbangan air dalam sistem (*water balance*) untuk mengetahui nilai surplus atau defisit yang terjadi pada nilai ketersediaan air. Hasil analisis keseimbangan air dihubungkan dengan data fluktuasi muka air yang terjadi dalam reservoir untuk dilakukan analisis pemenuhan kebtuhan air masyarakat. Analisis pemenuhan air kebutuhan air masyarakat dilakukan untuk mengetahui apakah ketersediaan air dapat mencukupi kebutuhan air masyarakat pada sistem jaringan optimalisasi. Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui nilai ketersediaan air dalam sistem jaringan. Berdasarkan data tersebut maka dilakukan evaluasi pada sistem jaringan opimalisasi dengan melakukan perhitungan persentase pemanfaatan debit sumber air. Diagram alir analisis sistem jaringan menggunakan EPANET diperlihatkan pada Gambar 3.7



Gambar 3.7 Diagram Alir Analisis Sistem Jaringan Optimalisasi Menggunakan EPANET

3.4.7 Diagram alir perbaikan sistem jaringan menggunakan EPANET

Diagram alir ini menjelaskan tahapan dalam memperbaiki sistem jaringan untuk menyesuaikan parameter setiap elemen sistem jaringan agar sesuai dengan kriteria yang berlaku dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007 dan SNI 06-4829-2005. Dilakukan *running* pada model sistem jaringan dengan ekstensi *net* untuk memeroleh nilai tekanan, kecepatan dan *headloss* pada tiap elemen sistem jaringan. Apabila nilai dari parameter tersebut tidak memenuhi kriteria atau persyaratan yang berlaku maka dilakukan penambahan dan atau perubahan spesifikasi pada elemen sistem jaringan. Modifikasi yang dilakukan dapat berupa penambahan *valve*, perubahan ukuran pipa, perubahan spesifikasi pompa. Apabila setiap elemen sudah memenuhi kriteria didapatkan hasil berupa model sistem jaringan ideal.



Gambar 3.8 Diagram Alir Perbaikan Sistem Jaringan Menggunakan EPANET

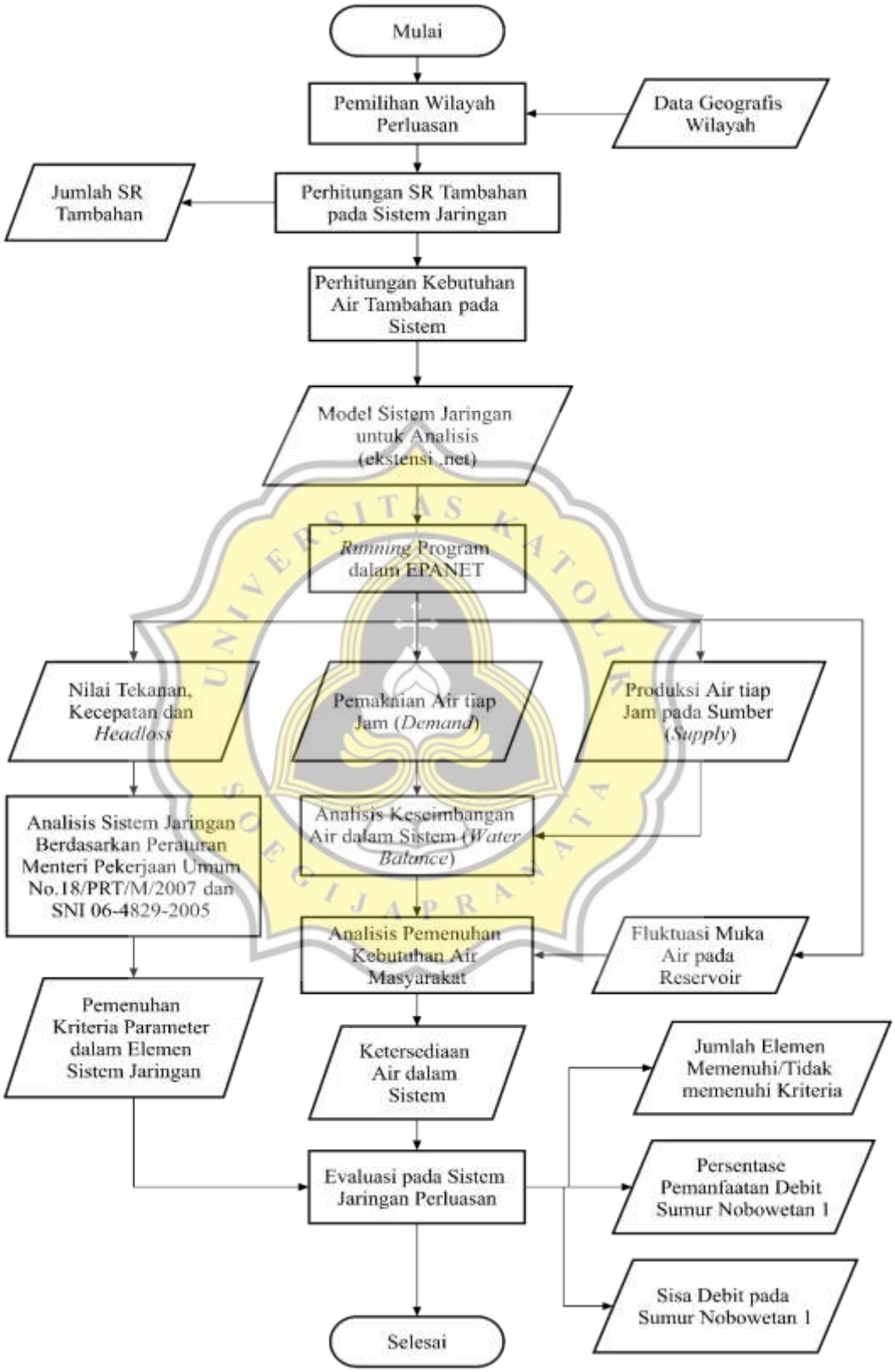
3.4.8 Diagram alir analisis perluasan sistem jaringan menggunakan EPANET

Diagram alir ini menggambarkan proses analisis sistem jaringan yang telah diperluas. Perluasan dilakukan dengan menambah jumlah sambungan rumah (SR) untuk memanfaatkan layanan sumber Noborejo 1. Penambahan SR dilakukan pada daerah yang berdekatan dengan sistem jaringan *exiting* dan topografi sesuai dengan data geografis wilayah. Selanjutnya, dilakukan perhitungan kebutuhan air tambahan untuk kemudian ditambahkan dalam model sistem jaringan (*net*).

Setelah didapatkan model sistem jaringan dalam bentuk *net*, maka dilakukan *running* pada program EPANET dengan hasil berupa data nilai tekanan, kecepatan dan *headloss* tiap elemen pada sistem jaringan, nilai debit pemakaian (*demand*) dan produksi (*supply*) air tiap jam pada sumber, serta nilai fluktuasi muka air dalam reservoir.

Dari data nilai tekanan, kecepatan dan *headloss* dilakukan analisis untuk mengetahui apakah sistem jaringan *existing* telah memenuhi kriteria berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007, 2007 dan SNI 06-4829-2005. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, didapatkan data jumlah elemen yang memenuhi dan tidak memenuhi kriteria.

Berdasarkan data nilai pemakain air tiap jam (*demand)* dan produksi air tiap jam pada sumber (*supply)* dilakukan analisis keseimbangan air dalam sistem (*water balance*) untuk mengetahui nilai surplus atau defisit yang terjadi pada nilai ketersediaan air. Hasil analisis keseimbangan air dihubungkan dengan data fluktuasi muka air yang terjadi dalam reservoir untuk dilakukan analisis pemenuhan kebutuhan air masyarakat. Analisis pemenuhan air kebutuhan air masyarakat dilakukan untuk mengetahui apakah ketersediaan air dapat mencukupi kebutuhan air masyarakat pada sistem jaringan optimalisasi. Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui nilai ketersediaan air dalam sistem jaringan. Berdasarkan data tersebut maka dilakukan evaluasi pada sistem jaringan perluasan dengan melakukan perhitungan persentase pemanfaatan debit sumber air. Diagram alir analisis perluasan sistem jaringan menggunakan EPANET diperlihatkan pada Gambar 3.9



Gambar 3.9 Diagram Alir Analisis Perluasan Sistem Jaringan Menggunakan EPANET

Analisis sistem jaringan *existing*, optimalisasi sistem jaringan, perbaikan sistem jaringan dan perluasan sistem jaringan menggunakan program EPANET dilakukan dengan langkah yang sama. Hal yang membedakan dalam analisis ini adalah penambahan data yang dimasukan kedalam program EPANET. Penambahan data yang dimaksud adalah data jumlah kebutuhan air, data debit sumber dan data sistem jaringan. Namun pada perbaikan sistem jaringan tidak dilakukan penambahan data apapun karena perbaikan sistem jaringan dilakukan hanya dengan mengubah elemen yang terdapat didalamnya. Hasil analisis menggunakan program EPANET berupa nilai tekanan, kecepatan dan *headloss*. Dari hasil tersebut dapat diketahui apakah nilai tekanan, kecepatan dan *headloss* telah memenuhi kriteria perencanaan air bersih berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007, 2007 dan SNI 06-4829-2005.