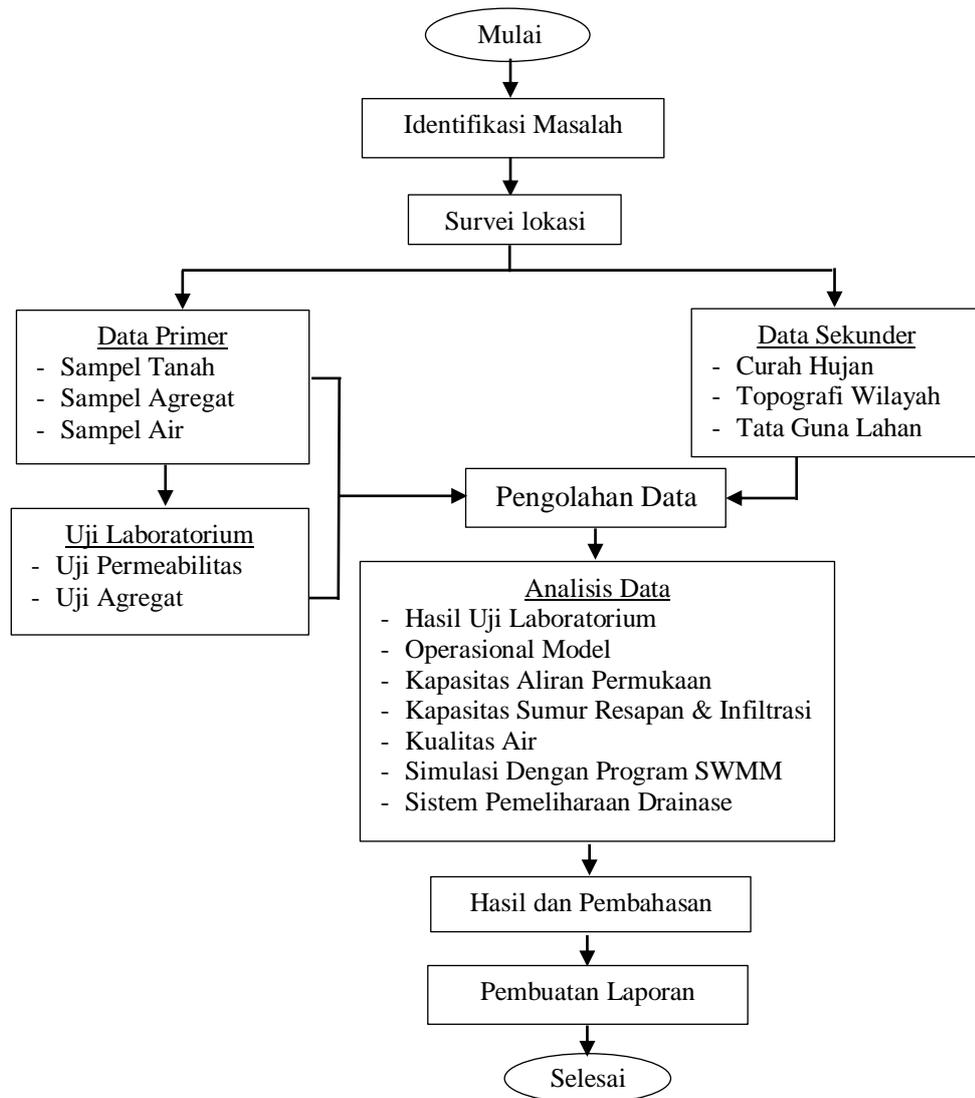


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Metode penelitian merupakan suatu cara atau langkah yang digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan dengan mengumpulkan, mengukur, mempelajari, dan menganalisis data yang diperoleh untuk mencapai tujuan penelitian. Dalam penelitian memerlukan adanya tahapan-tahapan dalam melaksanakan penelitian, dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian

3.2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian merupakan tempat melakukan penelitian dengan segala aktivitas yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian. Dalam memilih lokasi penelitian didasarkan pada berbagai pertimbangan yang mendasar untuk menunjang kelancaran dalam penelitian. Lokasi penelitian (*location of the research*) memainkan peran yang sangat penting untuk mendukung keberhasilan hasil penelitian. Pemilihan lokasi penelitian harus sangat hati-hati mengingat di lokasi tersebut akan diperoleh data baik primer maupun sekunder yang akan dilaporkan. Dengan demikian dalam pembahasan ini akan ditentukan bagaimana mengetahui kondisi karakteristik yang berhubungan dengan lokasi penelitian.

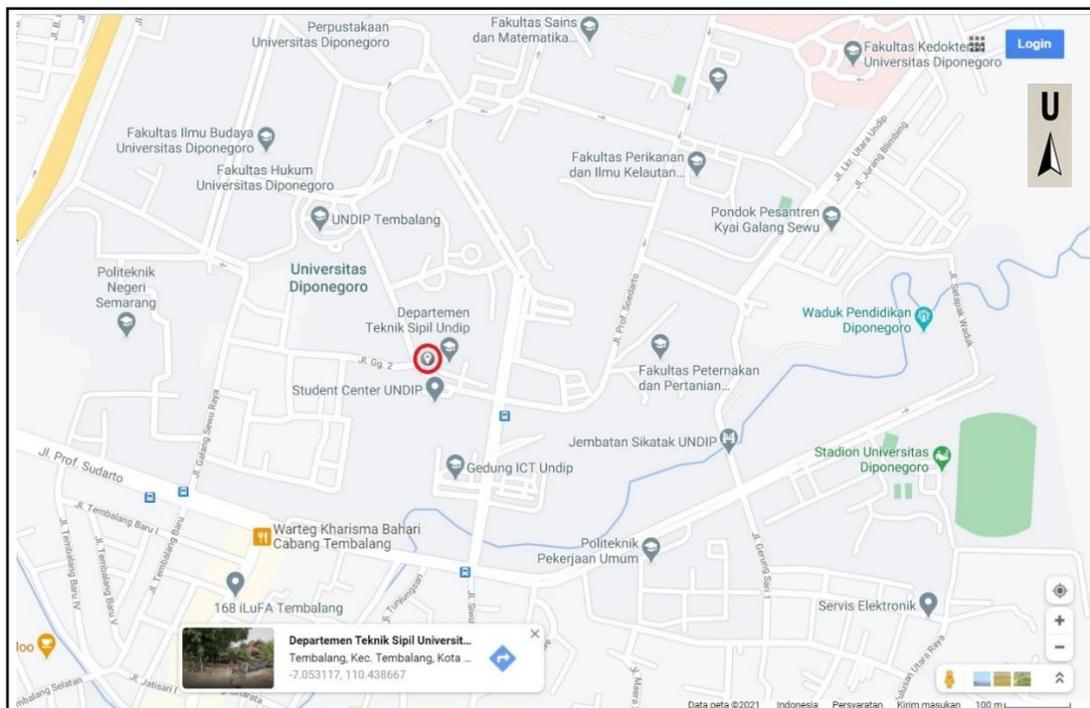
3.2.1. Penentuan Lokasi

Penentuan lokasi penelitian berdasarkan berbagai pertimbangan yang berkaitan dengan kelancaran dalam melaksanakan proses penelitian dengan segala aktivitasnya. Penentuan lokasi penelitian harus benar-benar dipertimbangkan sehingga dapat diperoleh data yang dibutuhkan dan tercapainya tujuan penelitian itu sendiri. Adapun berbagai dasar atau pertimbangan dalam penentuan pemilihan lokasi penelitian adalah:

1. Lokasi penelitian memberikan gambaran mengenai kesesuaian dengan tema penelitian dan permasalahan yang ada dalam penelitian.
2. Tersedianya lokasi untuk penempatan model yang sesuai dengan kondisi dilapangan sehingga tidak mengganggu aktivitas masyarakat.
3. Kemudahan dalam mendapatkan ijin lokasi dalam melakukan aktivitas penelitian.
4. Lokasi penelitian berdekatan dengan sumber daya yang mendukung dalam pelaksanaan penelitian.
5. Kemudahan akses dalam pemenuhan sumber daya untuk kebutuhan penelitian.

Dengan berdasarkan berbagai alasan dan pertimbangan mengenai pemilihan lokasi penelitian tersebut, maka dari itu lokasi yang ditentukan dalam penelitian ini adalah Lahan Parkir Sepeda Motor Gedung A Kampus Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang. Kawasan kampus Undip Tembalang termasuk dalam wilayah Kecamatan Tembalang, Kota Semarang. Kawasan sekitar kampus Undip Tembalang merupakan bagian wilayah Semarang atas yang berfungsi sebagai kawasan resapan untuk mengurangi limpasan air ke wilayah bagian bawah. Kampus Undip Tembalang termasuk dalam DAS Krengseng yang terbagi dalam dua *catchment area* yaitu daerah hulu dan daerah hilir. Daerah hulu mencakup Kecamatan

Banyumanik dengan 8 kelurahan yaitu Kelurahan Banyumanik, Srandol Wetan, Srandol Kulon, Pudak Payung, Ngesrep, Padangsari, Pedalangan, dan Sumur Boto. Sedangkan daerah hilir mencakup Kecamatan Tembalang dengan 5 kelurahan yaitu Kelurahan Tembalang, Mangunharjo, Bulusan, Kramas, dan Meteseh. Untuk lebih jelasnya disampaikan peta kawasan Undip Tembalang, dapat dilihat pada Gambar 3.2.



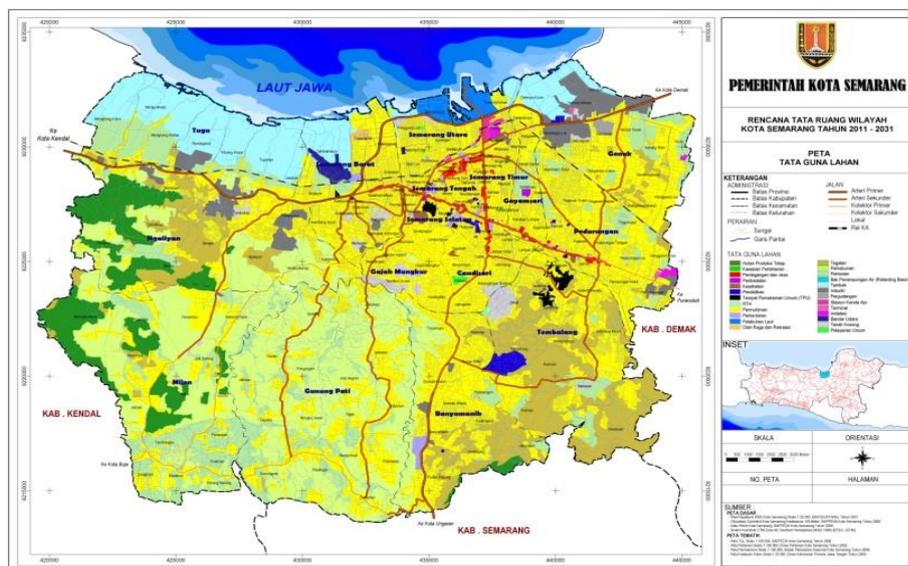
Gambar 3.2. Peta Kawasan Kampus Undip Tembalang

3.2.2. Tata Ruang Kota Semarang

Kota Semarang terletak antara garis $6^{\circ}50'$ - $7^{\circ}10'$ Lintang Selatan dan garis $109^{\circ}35'$ - $110^{\circ}50'$ Bujur Timur. Dibatasi sebelah Barat dengan Kabupaten Kendal, sebelah Timur dengan kabupaten Demak, sebelah Selatan dengan kabupaten Semarang dan sebelah Utara dibatasi oleh Laut Jawa dengan panjang garis pantai meliputi 13,6 Km. Ketinggian Kota Semarang terletak antara 0,75 sampai dengan 348,00 di atas garis pantai. Secara administratif Kota Semarang terbagi atas 16 wilayah kecamatan dan 177 kelurahan, dengan luas wilayah 373,70 Km². Jumlah penduduk Kota Semarang tercatat 1.729.428 jiwa dengan pertumbuhan selama tahun 2016 sebesar 1,66%, sesuai dengan data proyeksi penduduk tahun 2016. Jalan merupakan prasarana pengangkutan yang memperlancar mobilitas penduduk dan perekonomian di Kota Semarang panjang jalan mencapai 2.785,28 Km, dengan kondisi 56,63% dalam kondisi baik, dan 26,57% dalam kondisi

sedang, dan sisanya dalam kondisi keadaan rusak. Sedangkan pemakaian air melalui PDAM di Kota Semarang pada tahun 2016 tercatat 45,841 juta M³, dengan pemakaian terbanyak yaitu 81,52% dipakai oleh pelanggan rumah tangga (Kota Semarang dalam Angka 2017).

Pola tata guna lahan terdiri dari perumahan, tegalan, kebun campuran, sawah, tambak, hutan, perusahaan, jasa, industri dan penggunaan lainnya dengan sebaran perumahan sebesar 33,70 %, tegalan sebesar 15,77 %, kebun campuran sebesar 13,47 %, sawah sebesar 12,96 %, penggunaan lainnya yang meliputi jalan, sungai dan tanah kosong sebesar 8,25 %, tambak sebesar 6,96 %, hutan sebesar 3,69 %, perusahaan 2,42 %, jasa sebesar 1,52 % dan industri sebesar 1,26 %. Sebagaimana diatur di dalam Perda Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Semarang, telah ditetapkan kawasan yang berfungsi lindung dan kawasan yang berfungsi budidaya. Kawasan Lindung, meliputi kawasan yang melindungi kawasan di bawahnya, kawasan lindung setempat dan kawasan rawan bencana. Kawasan yang melindungi kawasan di bawahnya adalah kawasan dengan kemiringan >40% yang tersebar di wilayah bagian Selatan. Kawasan lindung setempat adalah kawasan sempadan pantai, sempadan sungai, sempadan waduk, dan sempadan mata air. Kawasan lindung rawan bencana merupakan kawasan yang mempunyai kerentanan bencana longsor dan gerakan tanah. Kegiatan budidaya dikembangkan dalam alokasi pengembangan fungsi budidaya, dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Peta Tata Ruang Wilayah Kota Semarang (BPS Kota Semarang 2017)

3.2.3. Tata Guna Lahan Kawasan Tembalang dan Kampus Undip

Kecamatan Tembalang terletak di bagian selatan Kota Semarang. Berjarak sekitar 15 km dari ibu kota Kota Semarang. Batas-batas dari Kecamatan Tembalang yaitu; Sebelah Utara: Kecamatan Candisari, Sebelah Barat: Kecamatan Banyumanik, Sebelah Selatan: Kabupaten Semarang, Sebelah Timur: Kabupaten Demak dan Kecamatan Pedurungan. Secara geografis Kecamatan Tembalang terletak pada posisi 110°16'20" - 110° 30'29"BT dan 6° 55'34"- 7°07'04" LS, dengan ketinggian DPL rata-rata 125 m. Luas wilayah daratan mencapai 4.420,04Ha, dengan 12 Kelurahan dan Kelurahan Rowosari sebagai kelurahan terluas dengan luas wilayah 870 Ha atau 20,83% dari luas kecamatan diikuti oleh Kelurahan Meteseh (499 Ha/11,94%) dan Kelurahan Sendangmulyo (461 Ha/ 11,03%). Sedangkan kelurahan dengan luas wilayah terkecil adalah Kelurahan Kramas dengan Luas wilayah 93 Ha /2,23%. Jumlah penduduk Kecamatan Tembalang tahun 2016 sebanyak 159.066 jiwa, dengan jumlah penduduk laki-laki sebanyak 80.542 jiwa dan penduduk perempuan sebanyak 78.524 jiwa. (Kecamatan Tembalang Dalam Angka, 2017).

Pada awalnya (sebelum tahap 1980-1990), kawasan Tembalang merupakan lahan hijau berupa pertanian (persawahan) dan perkebunan penduduk yang berfungsi sebagai kawasan konservasi yaitu daerah peresapan air. Areal persawahan dan perkebunan di kawasan Tembalang mulai berubah menjadi lahan terbangun sejak pembangunan tahap awal kampus UNDIP dimulai, yaitu pada tahun 1980-an. Sejak itu, secara berangsur-angsur kampus telah menjadi generator pembangunan di Kawasan Tembalang. Daerah yang semula *rural* (perdesaan) mulai tumbuh menjadi daerah *sub urban* (sub kota/bagian wilayah kota) dan terus berkembang pesat hingga tahun 2000, terlihat dari kemunculan sejumlah kawasan perumahan yang tersebar di sekitar kampus dan terus bermunculan hingga tahun 2012. Selain itu juga muncul fasilitas pendukung kegiatan pendidikan seperti rumah kos (sewa kamar), rental komputer, warung makan, fotokopi serta fasilitas lainnya.

Kemunculan berbagai fasilitas pendukung yang berperan penting bagi kehidupan mahasiswa, perkembangannya dari tahun ke tahun menimbulkan dampak yang cukup besar terhadap kondisi masyarakat di sekitarnya. Dampak positif yang langsung dapat dirasakan adalah semakin membaiknya kondisi infrastruktur di Kawasan Tembalang. Perubahan ini mencakup jaringan jalan, listrik, dan komunikasi yang sudah semakin baik

secara kualitas maupun kuantitas, sarana perumahan dan perniagaan juga terus berkembang serta tumbuh menjamur di sekitar kampus Tembalang.

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Dalam tahapan ini dilakukan kegiatan pengumpulan data yang diperlukan dalam penelitian ini. Pengumpulan data harus terencana dengan baik agar tepat sasaran dan efektif. Data yang dijadikan bahan acuan dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan ini dapat diklasifikasikan dalam dua jenis data.

3.3.1. Data Primer

Data primer yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh dengan pengukuran dan pengamatan langsung di lokasi penelitian. Data – data primer yang akan diambil adalah sebagai berikut:

1. Data kondisi saluran drainase saat ini, data tersebut berupa data gambar atau foto yang diambil secara langsung di tempat penelitian tentang kondisi-kondisi saluran drainase saat ini dengan menggunakan alat kamera digital. Data data tersebut berupa struktur saluran, fungsi saluran drainase, adanya bangunan liar diatas saluran, pintu saluran penyeringan sampah dan perencanaan fasilitas kota yang tidak teratur. Pengumpulan ini dilakukan untuk mengetahui kondisi saluran drainase dapat menampung aliran air.
2. Sampel agregat, pengambilan sampel ini didahului dengan melakukan pemilihan dan penentuan lokasi, pertimbangan dalam menentukan lokasi adalah diupayakan menggunakan agregat disekitar lokasi. Jika di sekitar lokasi tidak ditemukan agregat maka dilakukan survei dengan mencari lokasi agregat daerah lain yang berdekatan dengan lokasi perencanaan drainase. Jumlah kebutuhan sampel agregat disesuaikan dengan kebutuhan untuk uji laboratorium pemilihan dan mutu agregat.
3. Sampel tanah, pengambilan sampel tanah dilakukan langsung di lokasi perencanaan drainase dengan alat pengambil tanah dan tempat sampel. Jumlah pengambilan sampel disesuaikan dengan kebutuhan untuk uji laboratorium permeabilitas tanah.
4. Pengambilan sampel air, pengambilan sampel air ditentukan pada lokasi jalan raya untuk uji model drainase, titik pengambilan sampel air pada 3 titik yaitu pada air hujan, air limpasan pada jalan raya, dan air hujan yang sudah melewati filter air pada drainase. Jumlah sampel disesuaikan dengan kebutuhan untuk uji laboratorium kualitas air.

3.3.2. Data Sekunder

Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data angka dan gambar yang ada pada instansi-instansi terpercaya dan kajian pustaka dari data-data hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Data-data sekunder yang dikumpulkan berupa data curah hujan, populasi jumlah penduduk, data topografi wilayah, dan referensi atau literatur dari berbagai sumber. Data curah hujan ini merupakan data hujan harian maksimum dalam tahunan dengan satuan mm dari stasiun yang telah ditentukan, yaitu dari kantor Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Sedangkan untuk populasi jumlah penduduk dan data topografi diambil dari Kota Semarang dalam angka maupun Kecamatan Tembalang dalam angka yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik Kota Semarang untuk tahun 2017.

3.4. Uji Laboratorium

Laboratorium sebagai tempat untuk melakukan uji sampel yang digunakan untuk menganalisis parameter yang dibutuhkan dalam pengambilan keputusan dari hasil penelitian. Uji laboratorium yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji permeabilitas tanah dan uji agregat untuk filter. Tempat untuk melakukan uji sampel yaitu Laboratorium Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

3.4.1. Uji Permeabilitas Tanah

Uji laboratorium terhadap permeabilitas tanah dilaksanakan pada Laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang. Ada dua macam pengujian untuk menentukan koefisien permeabilitas di laboratorium sesuai dengan jenis tanah (Christady 2012) yaitu:

1. Uji Permeabilitas dengan Tinggi Energi Tetap (*constant head*).

Pengujian ini cocok untuk tanah granular. Prinsip pengujian adalah tanah benda uji diletakkan di dalam silinder. Tinggi energi hilang adalah h , aliran air lewat tanah diatur, banyaknya air yang keluar ditampung didalam gelas ukuran. Waktu pengumpulan dicatat. Data pengamatan yang diperoleh, kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan *Darcy*.

2. Uji Permeabilitas dengan Tinggi Energi Turun (*falling head*).

Uji permeabilitas dengan tinggi energi turun lebih cocok untuk tanah berbutir halus. Tanah benda uji dimasukkan dalam tabung. Pipa pengukur didirikan di atas benda uji.

Air dituangkan lewat pipa pengukur dan dibiarkan mengalir lewat benda uji. Ketinggian air pada awal pengujian (h_1) pada saat waktu $t_1 = 0$ dicatat. Pada waktu tertentu (t_2) setelah pengujian berlangsung muka air menjadi h_2 .

3.4.2. Uji Agregat

Uji agregat dilakukan untuk mengetahui kualitas agregat yang akan digunakan untuk filter pada model drainase, uji laboratorium terhadap agregat dilaksanakan pada Laboratorium Bahan Konstruksi Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang. Pengujian laboratorium terhadap agregat kasar dan agregat halus yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Agregat Kasar
 - a. Analisis saringan agregat kasar untuk menentukan pembagian butiran (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan. Pemeriksaan analisis saringan menggunakan standar SK SNI M-08-1989-F, SNI 03-1968-1990. Benda uji dikeringkan didalam *oven* dengan suhu $(110 + 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan mesin pengguncang selama 15 menit. Persentase berat benda uji dihitung yang tertahan diatas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji setelah di saring. Penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan, kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir.
 - b. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar, pemeriksaan ini untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry = SSD*), berat jenis semu (*apparent*) dari agregat kasar serta mengetahui tingkat penyerapan agregat. Pemeriksaan berat jenis agregat kasar menggunakan standar SK SNI M-09-1989-F, SNI 03-1969-1990.
 - c. Tingkat Kepipihan (*Flakiness*) dan Kelonjongan (*Elongated*), pemeriksaan ini untuk menentukan perbandingan jumlah agregat yang lolos ukuran pipih dan lonjong dengan jumlah berat total benda uji. Prosedur pengujian ini mengikuti SK SNI-M-25-1993-03, SNI 03-4137-1996.
 - d. Daya Tahan (keausan) agregat, pengujian ini untuk mengetahui ketahanan agregat terhadap keausan dengan menggunakan mesin abrasi *Los Angeles*. Nilai keausan

diperoleh dari persentase perbandingan berat agregat terhadap berat semula. Prosedur pengujian ini mengikuti SK SNI M-02-1990-F, SNI 03-2417-1991.

2. Agregat Halus (pasir)

a. Analisis Saringan Agregat Halus

Analisis saringan agregat halus untuk menentukan pembagian butiran (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan. Pemeriksaan analisis saringan menggunakan standar SK SNI M-08-1989-F, SNI 03-1968-1990. Benda uji dikeringkan didalam *oven* dengan suhu $(110 + 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan mesin pengguncang selama 15 menit. Persentase berat benda uji dihitung yang tertahan diatas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji setelah di saring. Penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan, kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir.

b. Berat jenis dan penyerapan agregat halus, pemeriksaan ini untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry = SSD*), berat jenis semu (*apparent*) dari agregat halus. Standar pemeriksaan menggunakan SK SNI M-10-1989-F dan SNI 03-1970-1990.

3.5. Pengolahan Data

Pengolahan data merupakan proses untuk memperoleh data ringkasan berdasarkan kelompok data mentah yang diperoleh dari pengumpulan data dan hasil uji laboratorium. Data mentah yang dikumpulkan diolah sesuai dengan peruntukan dan karakteristiknya yang digunakan untuk menentukan arah dalam memecahkan permasalahan dalam penelitian dan menentukan tujuan. Data mentah yang telah dikumpulkan perlu dipisahkan dalam kelompok-kelompok, dikategorikan sesuai dengan keperluannya, dan diproses sedemikian rupa dalam berbagai bentuk baik dalam bentuk tabel maupun grafik.

Proses pengolahan data diawali dengan mengedit data untuk memudahkan pengecekan dan penyesuaian dalam proses pemberian kode dan pemrosesan data dengan teknik statistik. Pemberian kode merupakan proses identifikasi dan klasifikasi data kedalam bentuk matematis. Pemrosesan data merupakan proses pengolahan dengan menggunakan teknik statistik, sehingga data dapat dianalisis untuk mendapatkan hasil penelitian sesuai dengan tujuan penelitian dan memecahkan permasalahan.

Penyajian data hasil pengolahan dalam beberapa bentuk yang prinsipnya komunikatif dan lengkap.

1. Bentuk tabel, tabel merupakan kumpulan angka-angka yang disusun menurut kategori-kategori sehingga memudahkan dalam pembuatan analisis data. Penyajian dalam bentuk tabel bertujuan memberikan informasi dan gambaran mengenai jumlah secara terperinci.
2. Bentuk grafik, penyajian data dalam bentuk grafik menggambarkan data secara visual dalam sebuah gambar, sehingga penyajian data dalam bentuk ini lebih mudah untuk dibaca dan lebih menarik. Penggambaran dalam bentuk grafik dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis grafik tergantung jenis datanya.

3.6. Analisis Data

Analisis merupakan aktivitas atau kegiatan berfikir seperti membedah, menelusuri, mengurai, mengevaluasi, membedakan, memilah terhadap sesuatu hal untuk digolongkan dan dikelompokkan kembali menurut kriteria tertentu kemudian dicari kaitannya dan ditafsirkan maknanya. Analisis membentuk sikap atau perhatian terhadap sesuatu misalnya: benda, fakta, fenomena, sampai mampu menguraikan menjadi beberapa bagian, serta mengenal, memahami kaitan antar bagian tersebut secara keseluruhan. Analisis merupakan kemampuan memecahkan atau menguraikan suatu data, materi atau informasi menjadi komponen-komponen yang lebih kecil dan terperinci sehingga lebih mudah untuk dipahami.

Analisis data dilakukan setelah pengumpulan data baik data primer maupun sekunder, demikian juga data dari hasil uji laboratorium terhadap permeabilitas tanah maupun uji pemilihan agregat yang akan digunakan untuk filter. Dalam analisis data ini juga disampaikan secara detail mengenai rancangan model yang akan dibangun untuk membuat drainase jalan raya yang berkelanjutan. Demikian juga mengenai analisis lanjutan mengenai hasil operasional model drainase berupa analisis kapasitas aliran permukaan, kapasitas sumur resapan dan infiltrasi, analisis kualitas air, analisis simulasi dengan program SWMM serta analisis sistem pemeliharaan drainase jalan raya.

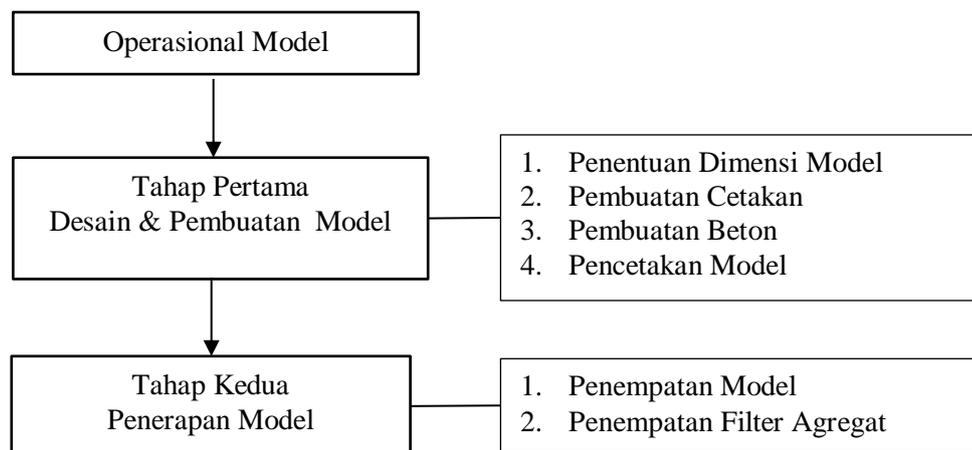
3.6.1. Analisis Hasil Uji Laboratorium

Analisis hasil uji laboratorium merupakan hasil pembahasan dan analisis hasil laboratorium yang telah dilaksanakan, yang terdiri dari hasil laboratorium permeabilitas

tanah, pemilihan agregat untuk filter, tingkat infiltrasi tanah, dan hasil uji operasional model dengan memakai alat simulator hujan. Hasil uji laboratorium tersebut digunakan untuk analisis selanjutnya dan menentukan tingkat keberhasilan dari setiap uji laboratorium yang dilakukan. Hasil uji dan analisis laboratorium tersebut disajikan dalam bentuk tabel atau grafik yang menunjukkan hasil uji laboratorium.

3.6.2. Operasional Model

Desain dan analisis model ini dilakukan untuk menentukan tahapan dalam pembuatan model dari proses desain sampai dengan pengujian di laboratorium dan lapangan, adapun tahapannya disampaikan dalam diagram, dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Diagram Tahapan Desain dan Analisis Model

1. Desain dan Pembuatan Model

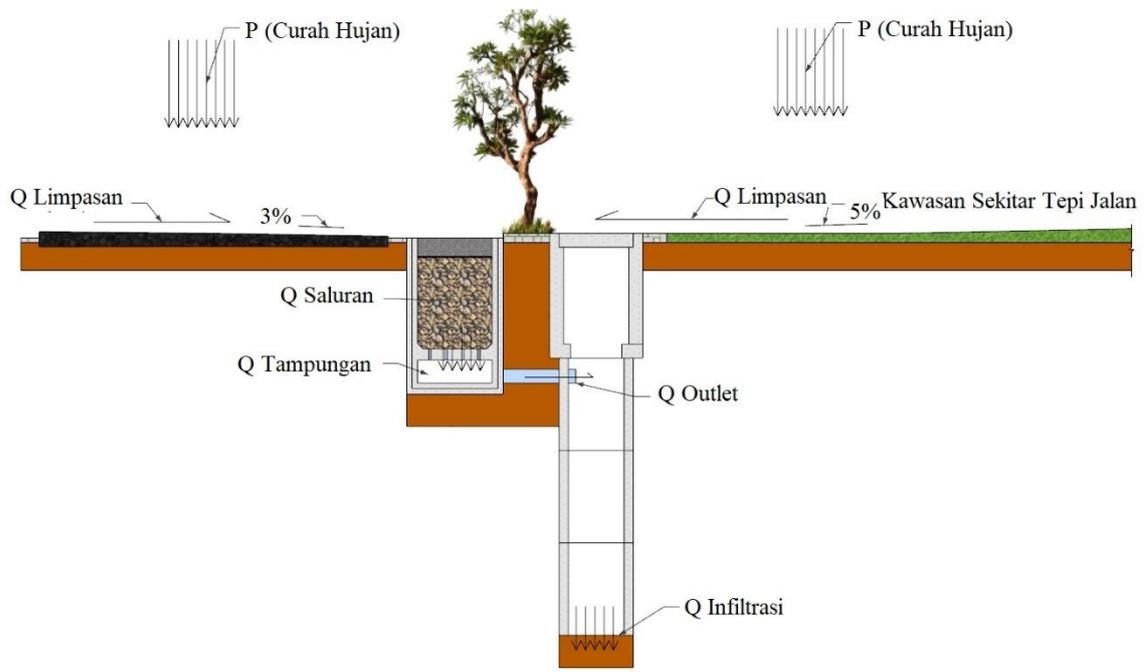
Tahapan desain dan pembuatan model drainase jalan raya yang berkelanjutan terdiri dari beberapa tahapan yang akan dijelaskan sebagai berikut:

a. Penentuan Dimensi Model

Dalam penentuan dimensi model memerlukan proses analisis hidrolika untuk perhitungan dimensi saluran, tampungan, dan sumur resapan. Proses perhitungan dimulai dari penentuan curah hujan sesuai dengan lokasi perencanaan, dalam penelitian ini lokasi yang ditentukan adalah Kawasan Kampus Universitas Diponegoro, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang, dan penentuan volume limpasan dari jalan raya dan daerah sekitarnya. Dari perhitungan volume limpasan digunakan untuk mendesain dimensi saluran dan kedalaman filter agregat, serta dilanjutkan untuk menentukan volume tampungan yang akan masuk ke dalam sumur

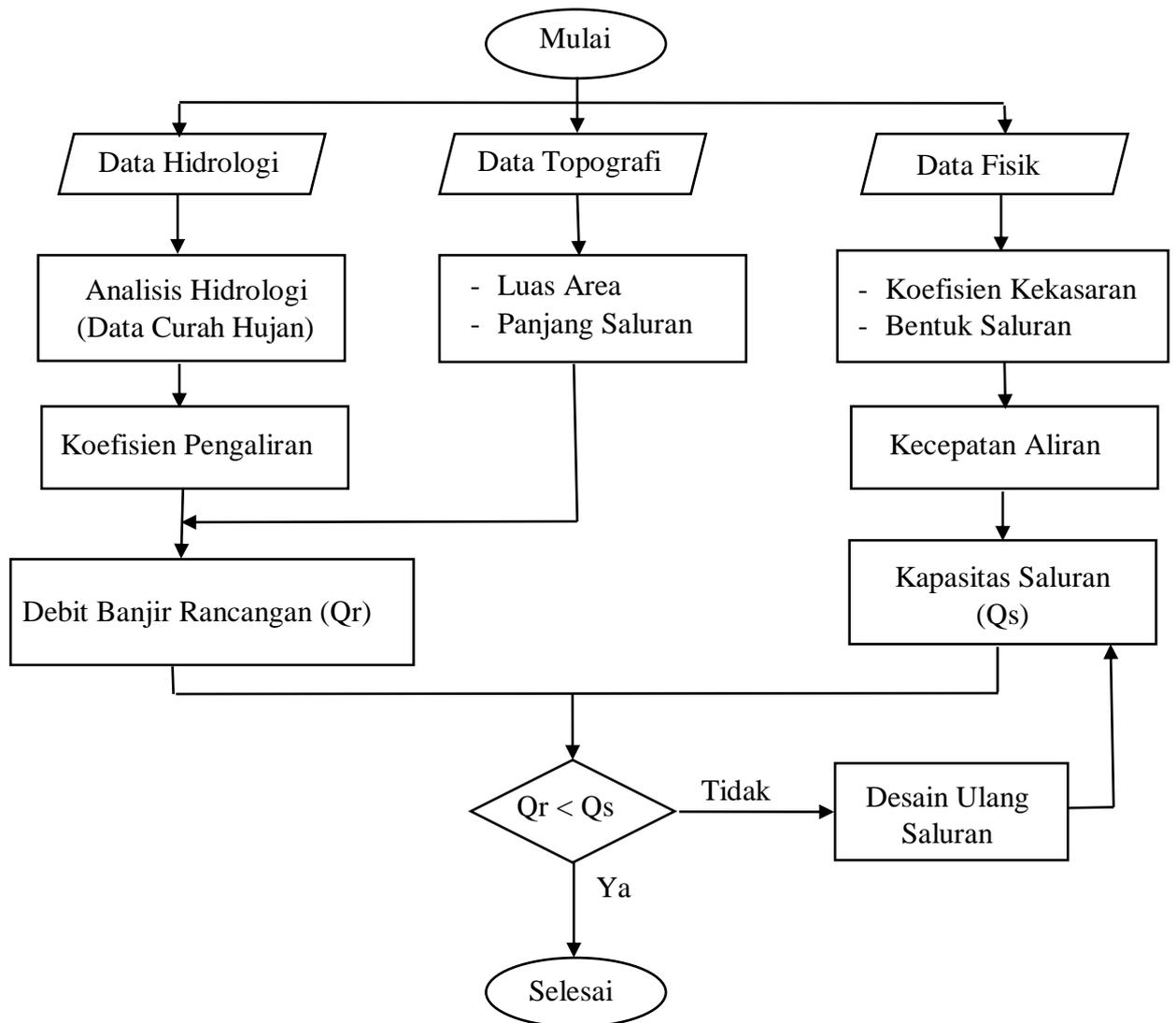
resapan. Untuk penentuan dimensi sumur resapan dan kapasitas infiltrasi ditentukan dari volume limpasan dan laju infiltrasi dari tanah sesuai dengan lokasi.

Dalam gambaran alur analisis dari perencanaan drainase jalan raya ini ditentukan juga proses infiltrasi pada sumur resapan, sehingga akan diketahui berapa lama proses terjadinya infiltrasi ke dalam tanah dan kapasitas tampungan dari sumur resapan. Disamping itu juga proses filtrasi dari agregat yang ada pada saluran drainase, untuk mengetahui proses terjadinya infiltrasi dan kapasitas saluran drainase tersebut. Untuk lebih jelasnya gambaran alur proses analisis dari perencanaan drainase jalan raya yang berkelanjutan dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Gambaran Alur Proses Analisis Perencanaan Drainase

Sedangkan bagan alir proses perencanaan drainase jalan raya sebagai dasar untuk mendapatkan model saluran drainase jalan raya yang berkelanjutan. Adapun tahapan yang dilakukan dalam perencanaan drainase jalan raya ini adalah menentukan debit rencana aliran (Q) dari daerah pelayanan yang dihubungkan dengan kemampuan saluran yang menampungnya, perhitungannya seperti tertuang dalam diagram alir dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Bagan Alir Perencanaan Drainase

b. Pembuatan cetakan

Cetakan beton menjadi bagian yang sangat menentukan terhadap penampilan beton, selain bentuk juga berperan terhadap hasil akhir dari permukaan beton. Hal ini dikarenakan tekstur beton dipengaruhi oleh bentuk permukaan cetakan yang kontak langsung dengan beton, sehingga harus memenuhi syarat:

- 1) Mempunyai bentuk yang tepat sesuai yang direncanakan, fungsi utama cetakan memberi bentuk beton sebelum beton mengeras menjadi faktor utama dalam pembuatan cetakan.
- 2) Harus kuat, syarat kuat yaitu tetap kokoh dan tidak berubah bentuk. Cetakan dikatakan kuat jika tidak terjadi lendutan, sehingga tetap bentuk stabil.

- 3) Tidak bocor, cetakan tidak boleh ada lobang kecil-kecil yang akan menyebabkan bocornya ketika dicor. Pengaruh bocoran pada cetakan ini selain menjadikan borosnya material beton juga menjadikan bentuk yang tidak teratur pada beton.
- 4) Pembongkaran hasil cetakan mutlak harus menunggu usia beton cukup kuat menahan minimal beban sendiri. Beton direncanakan mempunyai kekuatan penuh dalam waktu 28 hari artinya bahwa beton mampu menahan beban-beban yang direncanakan setelah umur 28 hari.

c. Pembuatan Beton

Beton yang dipakai untuk pembuatan model saluran drainase adalah beton dengan kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari sesuai dengan K-225 dan kekuatan beton yang diijinkan untuk dinding dan pelat telah mencapai 22,5 Mpa, dengan kepadatan beton sebesar 2500 kg/m³ serta Poisson ratio 0,2. (Standart Gorong-Gorong Persegi Beton Bertulang, Direktorat Bina Program Jalan, Dirjen Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum). Persyaratan material yang dipakai sebagai berikut:

- 1) Semen, memenuhi ketentuan dan syarat yang ditentukan dalam NI-8.
- 2) Agregat halus, harus berupa butiran halus yang tajam dan keras serta tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, dan tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dan bahan organik lainnya.
- 3) Agregat kasar, harus berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu dan ukuran tidak lebih besar dari 20 mm, agregat kasar harus bersifat keras dan tidak berpori.
- 4) Air, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam, bahan-bahan organik atau bahan-bahan lainnya yang dapat merusak beton atau baja tulangan.
- 5) Bahan pembantu, untuk memperbaiki mutu beton, sifat-sifat pengerjaan, waktu pengikatan dan pengerasan ataupun untuk maksud-maksud lain, dapat dipakai bahan-bahan pembantu, jenis dan jumlah bahan pembantu yang dipakai harus mendapat persetujuan.

d. Pencetakan Model.

Setelah cetakan dan bahan beton selesai disiapkan dengan baik tahapan berikutnya adalah pencetakan model saluran drainase. Proses pencetakan yang perlu diperhatikan bahwa semua bahan telah memenuhi yang dibutuhkan dan syarat mutu bahan telah dipenuhi. Pencetakan menggunakan lahan yang cukup untuk melakukan

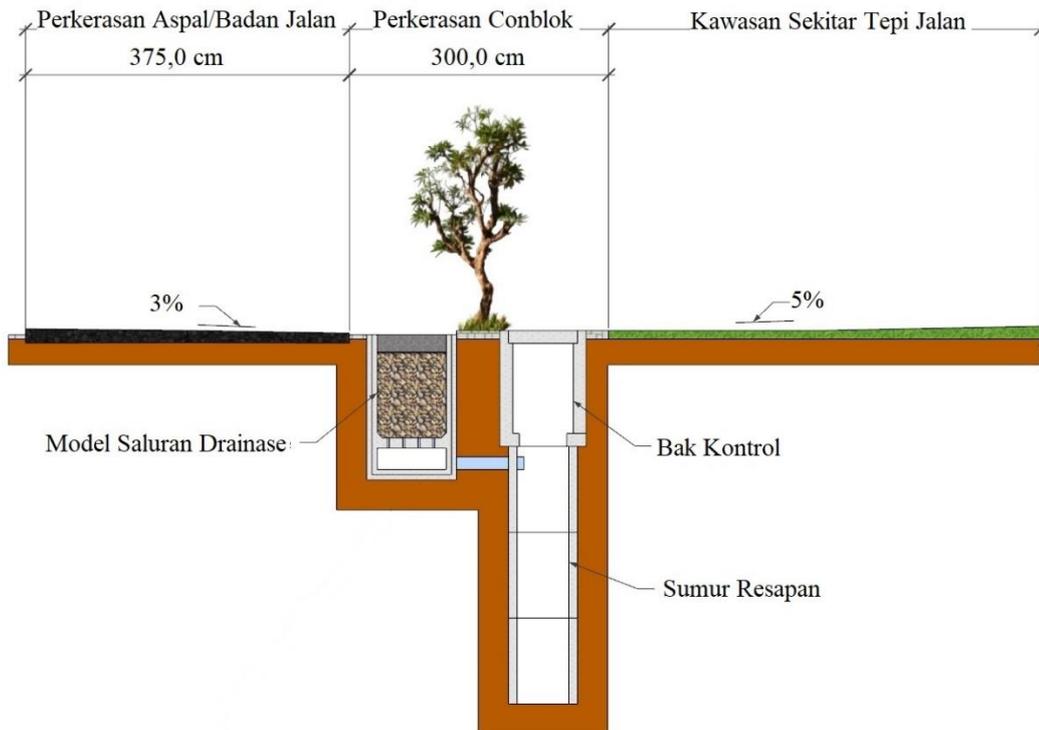
aktivitas pencetakan. Setelah selesai pencetakan dilakukan pemeliharaan terhadap model sesuai dengan persyaratan standar mutu pemeliharaan beton.

2. Penerapan Model

Tahap ini merupakan proses pelaksanaan operasional model setelah model selesai diproduksi. Adapun tahapan kedua ini adalah sebagai berikut:

a. Penempatan Model

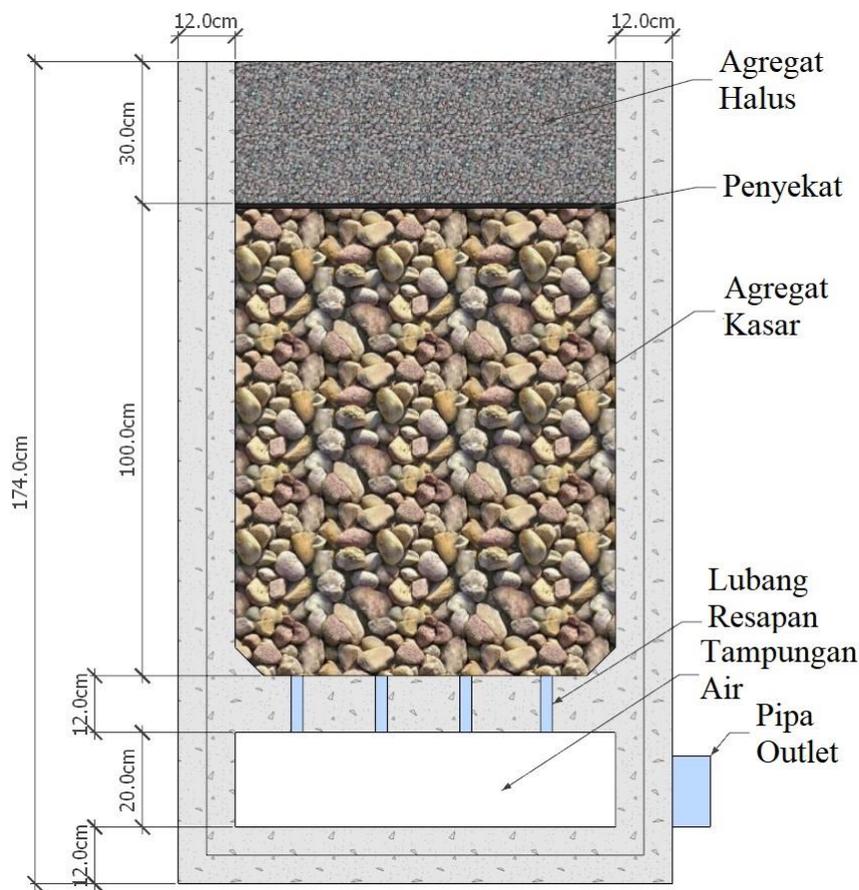
Model saluran drainase yang sudah jadi ditempatkan pada lahan di kanan dan kiri jalan raya sesuai dengan daerah yang sudah ditentukan. Untuk penempatan model pada penelitian ini ditempatkan pada samping badan jalan. Sebelum model dipasang terlebih dahulu dilaksanakan penggalian tanah. Dimensi penggalian tanah ditentukan sesuai dengan dimensi model saluran. Penggalian tanah dapat dilakukan dengan alat berat ataupun dengan manual oleh manusia, sedangkan untuk penelitian ini karena kapasitasnya kecil dilakukan dengan manual oleh tenaga manusia dengan alat cangkul. Perlu diperhatikan dalam penggalian diperhatikan juga tingkat elevasi dari dasar galian untuk menentukan elevasi salurannya juga, hal ini juga berpengaruh pada sambungan antar segmen dari saluran drainase tersebut. Untuk lebih jelasnya penempatan saluran dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Penempatan Model Saluran Drainase

b. Penempatan Filter Agregat

Setelah agregat diuji kualitas dan kuantitasnya kemudian siap dimasukkan ke dalam model, agregat terdiri dari dua jenis yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil). Susunan agregat sesuai dengan teori dari *permeable interlocking concrete pavement* (Smith, 2005) yaitu bagian atas agregat halus, kemudian dibawahnya dipasang penyekat terbuat dari paragnet, dan paling bawah adalah agregat kasar sesuai dengan ukuran model. Penempatan agregat ini belum menggunakan dimensi, karena belum memperhitungkan dimensi saluran. Spesifikasi Agregat yang ditempatkan sudah melalui uji karakteristik agregat pada laboratorium. Adapun gambar penempatan agregat pada model dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Penempatan Agregat pada Model Saluran Drainase

3.6.3. Kapasitas Aliran Permukaan

Perhitungan kapasitas aliran permukaan ini menggunakan sistem aliran permukaan yang melalui peluap, dan peluap yang digunakan adalah peluap berbentuk segitiga atau disebut juga dengan Peluap Thompson. Peluap merupakan bukaan pada salah satu sisi kolam atau

tangki, sehingga zat cair di dalam kolam melimpas di atas peluap. Peluap berfungsi untuk menghitung besar debit yang mengalir melalui peluap tersebut.

Setiap tipe peluap masing-masing mempunyai karakteristik pengaliran (koefisien), misalnya koefisien kontraksi (C_c), koefisien kecepatan (C_v) dan koefisien debit (C_d). Pemakaian nilai – nilai koefisien aliran pada sebuah formulasi pengukuran debit dan dimensi bangunan umumnya diambil berdasarkan asumsi. Asumsi – asumsi ini didasarkan pada beberapa hasil pengujian para ilmuwan terdahulu berdasarkan kondisi – kondisi dari lokasi, tipe, dimensi, dan teknologi alat yang tersedia pada saat itu.

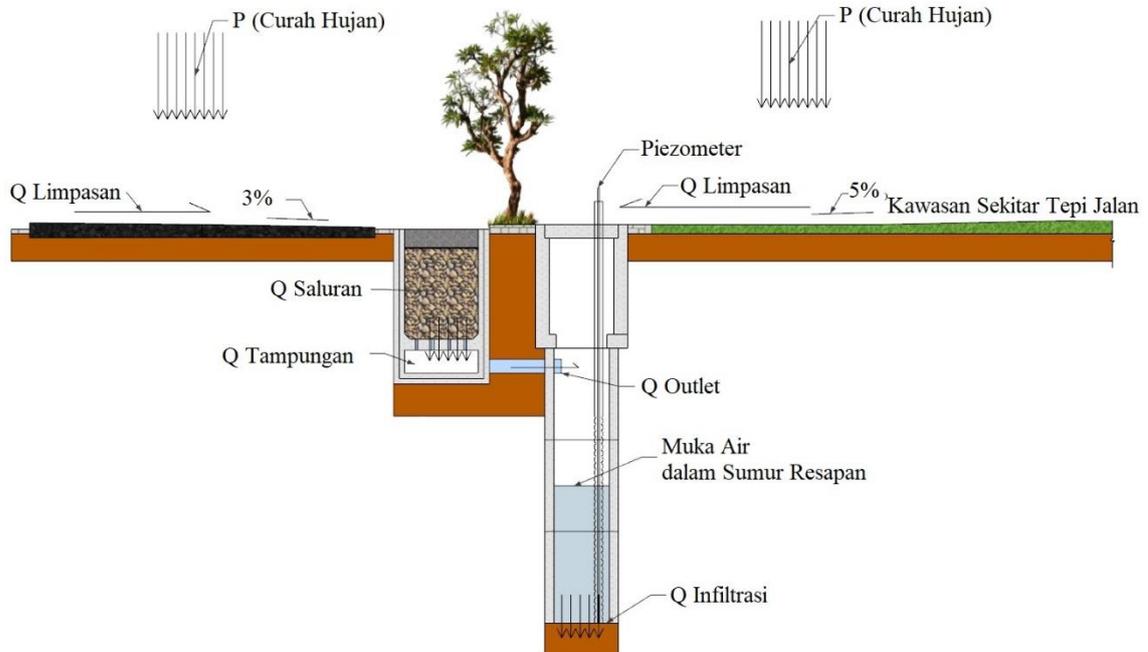
Metode dan langkah kerja perhitungan debit melalui peluap segitiga pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Memasang pintu peluap segitiga didepan saluran drainase, dengan mengetahui dimensi dan tinggi dari peluap yang akan dipasang serta tempat untuk menempatkan peluap tersebut. Peluap dipasang permanen dan kuat agar tidak bergerak saat terjadinya pengaliran.
2. Memasang mistar atau alat ukur tinggi air, kemudian tempatkan alat ukur tersebut sejajar dengan muka air pada angka nol dan tetapkan sebagai dasar pengukuran.
3. Mengalirkan air dari sumber (bak) dengan pompa agar terjadi aliran permukaan, pada saat musim hujan air bersumber dari curah hujan.
4. Mencatat tinggi air yang meluap di pintu peluap segitiga sebagai H .
5. Menghitung debit (Q) terlebih dahulu, lalu tentukan volume air (V), kemudian catat waktu untuk mencapai volume yang telah ditentukan.
6. Menghitung koefisien debit (C_d) dan menentukan debit *Thompson* (Q_{th}), hasilnya sebagai acuan dalam menentukan debit berikutnya.

3.6.4. Kapasitas Sumur Resapan dan Infiltrasi

Tahapan terakhir adalah pengukuran infiltrasi dengan mengukur laju rembesan air yang melalui media agregat halus dan kasar dalam model. Cara pengukuran yaitu menentukan waktu rembesan air dari mulai air jatuh mengenai agregat halus sampai dengan air keluar dari dasar model. Disamping itu juga pengukuran genangan air pada sumur resapan dengan membuat pipa berlubang dan dimasukkan ke dalam sumur resapan untuk mengukur perubahan elevasi tinggi muka air pada saluran maupun sumur resapan dapat dilihat pada Gambar 3.9. Pembacaan skala ukuran pada *piezometer* dilakukan dengan mengamati perubahan tinggi alat ukur *piezometer* yang sudah ditempatkan ukuran sesuai

dengan perubahan tinggi muka air pada sumur resapan, dan dicatat juga waktu lamanya penurunan muka air dengan menggunakan *stopwatch*



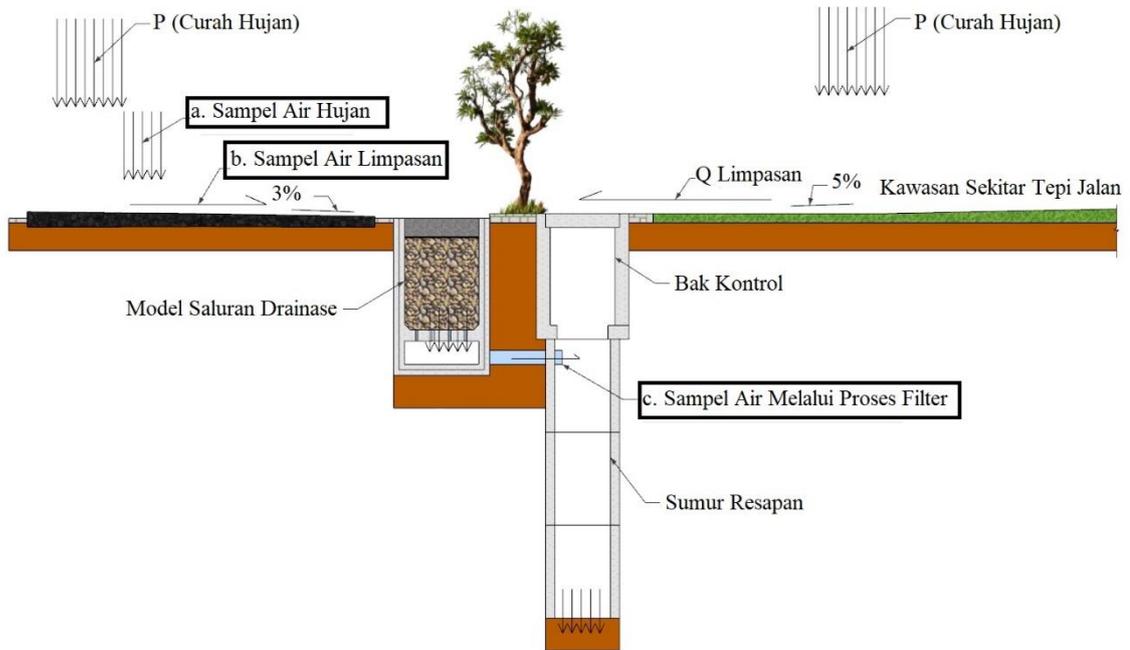
Gambar 3.9. Pengukuran Elevasi Muka Air pada Sumur Resapan

3.6.5. Kualitas Air

Uji laboratorium kualitas air dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari adanya filter agregat pada drainase jalan raya terhadap kualitas air hujan yang terjadi. Dengan demikian diharapkan adanya peningkatan kualitas air hujan yang telah tersaring oleh filter agregat pada drainase, sehingga air yang masuk ke dalam tanah menjadi air yang tidak ada pengaruh dari gas buang kendaraan bermotor. Uji kualitas air ini dilakukan pada tahapan evaluasi dan validasi dari model drainase jalan raya yang telah dibuat, jadi termasuk juga tahapan terakhir untuk menguji keberhasilan model. Uji laboratorium kualitas air yang dilakukan meliputi uji fisik dan kimiawi, uji laboratorium dilakukan oleh Laboratorium Dinas Kesehatan Propinsi Jawa Tengah, dengan sampel air yang diambil meliputi:

- Sampel air hujan
- Sampel air hujan yang terkena emisi gas buang kendaraan atau air aliran permukaan (*runoff*) pada jalan raya.
- Sampel air hujan yang sudah melalui saringan filter agregat pada drainase jalan raya.

Untuk lebih jelasnya lokasi pengambilan sampel air dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10. Lokasi dan Posisi Pengambilan Sampel Air

Sedangkan untuk metode pemeriksaan laboratorium adalah berpedoman pada Peraturan Pemerintah No. 082 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, dengan kriteria mutu air kelas II sebagai berikut:

a. Uji Fisik Air

Uji fisik air meliputi: temperatur, residu terlarut, dan residu tersuspensi.

b. Uji Kimia Organik Air

Uji kimia organik air meliputi: pH, BOD, COD, DO, Total Fosfat, NO₃, Arsen, Kobalt, Barium, Boron, Selenium, Kadmium, Khrom, Tembaga, Besi, Timbal, Seng, Khlorida, dan Sulfat.

3.6.6. Simulasi Dengan SWMM

SWMM (*Storm Water Management Model*) adalah sebuah *software* yang didesain untuk membuat model simulasi hujan-runoff dinamik. *Software* ini mampu mensimulasikan pengaruh hujan-runoff dari suatu wilayah pada sistem drainasenya untuk jangka pendek maupun jangka panjang sekaligus memiliki fasilitas alternatif untuk mengantisipasi masalah banjir. Obyek pada SWMM terdiri dari

1. *Rain gage* SWMM menggunakan obyek *rain gage* untuk menampilkan input data ke sistem. *Rain gage* menyuplai data presipitasi untuk satu atau lebih *subcatchment* area pada studi wilayah (Manual EPA SWMM).
2. *Subcatchment* adalah unit hidrologi dari tanah dimana topografi dan element sistem drainase menunjukan permukaan *runoff* pada satu titik pelepasan (Manual EPA SWMM).
3. *Junction* dapat menampilkan pertemuan dari saluran permukaan alami, lubang got dari sistem pembuangan, atau pipa penghubung (Manual EPA SWMM).
4. *Outfall* adalah titik terminal dari sistem drainase biasanya ditetapkan akhir dari batas hilir (Manual EPA SWMM).
5. *Flow divider* adalah sistem drainase dimana *inflow* dialihkan pada *conduit* tertentu. Sebuah *flow divider* dapat memiliki tidak lebih dari dua *conduit* pada satu sistemnya (Manual EPA SWMM).
6. *Storage units* adalah penyediaan volume tampungan. Fasilitas tampungan dapat sekecil kolam atau sebesar danau. Volumetrik dari unit tampungan dibuat dari fungsi atau tabel dari area permukaan dan tinggi (Manual EPA SWMM).
7. *Conduit* adalah saluran yang mengalirkan air. SWMM menggunakan rumus Manning untuk menyatakan hubungan antara debit (Q), luas penampang (A), jari-jari hidraulis (R), dan kemiringan (S).
8. *Pumps*, digunakan untuk menaikkan air atau meninggikan elevasi air. Hidup dan mati pompa dapat diatur secara dinamik sepanjang pengaturan kontrol yang telah ditetapkan oleh pengguna. (Manual EPA SWMM)
9. *Flow regulators* adalah struktur atau sarana yang digunakan untuk mengontrol atau mengalihkan aliran. (Manual EPA SWMM)

3.7. Hasil Dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dalam penelitian merupakan tahapan akhir dari proses penelitian yang merupakan proses pemikiran orisinal peneliti untuk memberikan penjelasan dan interpretasi atas hasil penelitian yang telah dianalisis guna menjawab pertanyaan dan tujuan dalam penelitian. Kecendekiaan peneliti nampak pada bagaimana membahas atau menginterpretasikan hasil penelitiannya. Hal ini juga tergantung dari teori dan referensi yang peneliti pakai dalam melakukan penelitiannya.

Pada dasarnya pembahasan merupakan pemikiran yang original peneliti yang dilakukan dengan mengkaitkan antara temuan penelitian dengan teori – teori atau hasil penelitian terdahulu yang digunakan. Peneliti wajib mengulas hasil penelitian yang diperolehnya secara panjang lebar dengan menggunakan pandangan orisinalnya dalam kerangka teori dan kajian empirik yang terdahulu. Dalam kerangka metode ilmiah, ada tiga aspek yang digunakan untuk menyusun dan mengembangkan pembahasan yaitu:

1. Aspek kajian teoritis, salah satu tujuan untuk meneliti adalah untuk memverifikasi teori. Artinya, Peneliti ingin membuktikan apakah suatu teori tertentu berlaku atau dapat diamati pada obyek penelitian tertentu. Pada penelitian seperti ini, hipotesis penelitian perlu diformulasi dan diuji.
2. Aspek kajian empiris, pembahasan hasil penelitian perlu juga dilakukan dengan cara merujuk pada kajian empiris yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu. Jika hasil penelitian konsisten dengan teori yang ada (atau hipotesis penelitian terbukti), pembahasan dapat diarahkan untuk memberikan rujukan penelitian terdahulu yang sesuai dengan hasil penelitian. Pada konteks ini, Peneliti dapat merujuk kembali hasil kajian empirik yang telah terkompilasi pada Bab 2 (tentang kajian pustaka). Biasanya, Peneliti menekankan bahwa hasil penelitiannya telah sesuai (atau mendukung) hasil-hasil penelitian terdahulu.
3. Aspek implikasi hasil, hasil penelitian, baik yang mampu membuktikan hipotesis maupun yang tidak, pada dasarnya mempunyai implikasi (dampak/konsekuensi) bagi obyek penelitian. Peneliti harus mendiskusikan hasil penelitian ini dalam konteks implikasi tersebut. Dalam hal ini, Peneliti harus menginterpretasikan hasil penelitian dalam konteks implikasi atau konsekuensi dari hasil penelitian bagi obyek penelitian. Alasan yang mendukung mengapa aspek implikasi ini perlu dikemukakan adalah bahwa penelitian dilakukan berdasarkan suatu basis data historis (yang sudah terjadi). Dengan demikian, jika Peneliti tidak mendiskusikan implikasi dari hasil penelitiannya maka ia hanya berhenti pada konteks cerita historis (yang sudah terjadi). Pembahasan mengenai implikasi hasil penelitian akan membawa konteks penelitian ke arah masa depan, bukan pada masa lalu (historis).