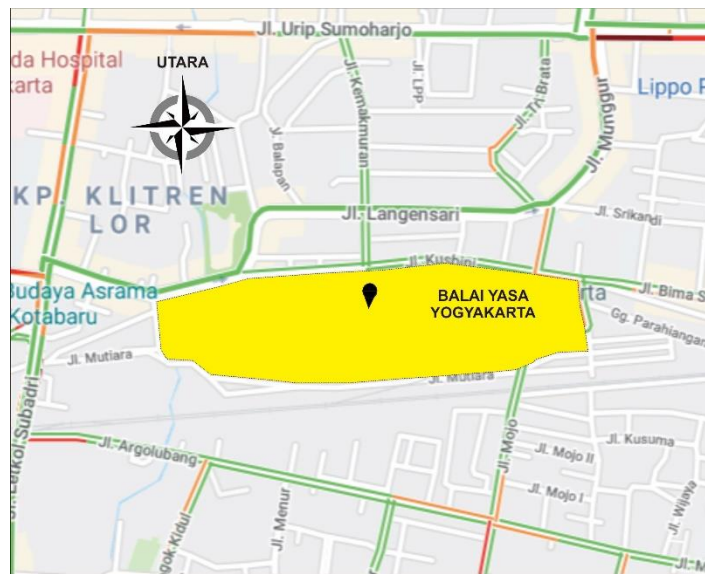


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berlokasi di PT Kereta Api Indonesia (Persero), UPT. Balai Yasa Jalan Kusbini No. 1 Gondokusuman, Yogyakarta..

Secara lebih jelas batas lokasi dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian

(Sumber : Google Maps, 2018)

3.2 Metodologi Perencanaan

3.1.1 Acuan Perencanaan

Perencanaan instalasi pengelolaan air limbah ini beracuan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2009 Tentang Pemanfaatan Air Hujan, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Air Hujan Pada Bangunan Gedung Dan Persilnya dan *Handbook on Rainwater Harvesting Storage Options*.

3.1.2 Kriteria Desain

Dari beberapa sumber literatur yang didapat, penerapan sistem rainwater harvesting bisa sangat bervariasi. Beberapa contoh sistem *rainwater harvesting* diantaranya membutuhkan kriteria atau standar sebagai acuan dalam membangun.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 11 Tahun 2014, kriteria teknis perencanaan sistem pemanenan air hujan meliputi:

- Penyelenggaraan sarana dan prasarana pengelolaan air hujan dilaksanakan dengan mempertimbangkan hasil kajian karakteristik wilayah meliputi: karakteristik tanah, topografi, dan muka air tanah;
- Pemilihan sarana pengelolaan air hujan pada bangunan gedung dan persilnya mengacu pada skala prioritas pengelolaan air hujan;
- Perhitungan dimensi sarana pengelolaan air hujan pada bangunan gedung dan persilnya dilaksanakan dengan memperhitungkan intensitas curah hujan dan luas persil bangunan gedung;
- Sistem pengelolaan air hujan harus memprioritaskan prinsip optimalisasi penggunaan dan peresapan air hujan;
- Penggunaan kembali air hujan merupakan prioritas utama dalam pengelolaan volume wajib kelola air hujan sehingga diusahakan semaksimal mungkin.
- Tata cara dalam perencanaan sistem pemanenan air hujan ;
 - (1) Dapatkan data curah hujan harian yang dapat mewakili kejadian curah hujan pada persil bangunan gedung yang bersangkutan dengan rentang waktu minimal 10 tahun
 - (2) Volume air hujan yang dapat ditangkap dengan sarana pengelolaan air hujan air hujan yang berpotensi melimpas yang disebabkan oleh tertutupnya tanah oleh bangunan dan perkerasan.
 - (3) Jumlah dan dimensi sarana pengelolaan air hujan meliputi : Sumur resapan, Pipa penyalur, Bak, lubang biopori.
 - (4) Penentuan perletakan, dimensi dan jumlah sumur resapan sangat bergantung kepada kondisi lokasi dan ketersediaan lahan.

3.3 Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan di PT Kereta Api Indonesia (Persero), UPT. Balai Yasa Jalan Kusbini No. 1 Gondokusuman, Yogyakarta. Penelitian ini menggunakan metode analisa dan perhitungan, dengan mencari data primer dan sekunder. Data sampel air hujan diambil di lokasi gedung produksi, gedung perkantoran, gedung pencucian dengan luas area tangkapan yang besar.

Hasil yang diperoleh dari data primer dan sekunder kemudian di olah dengan data perhitungan volume air hujan, analisa kebutuhan dan penggunaan air, serta hasil uji sampel air hujan yang akan dibandingkan dengan baku mutu.

Metode penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap yaitu pra lapangan, lapangan dan tahap pengolahan data.

a. Pra Lapangan

- Kajian Pustaka

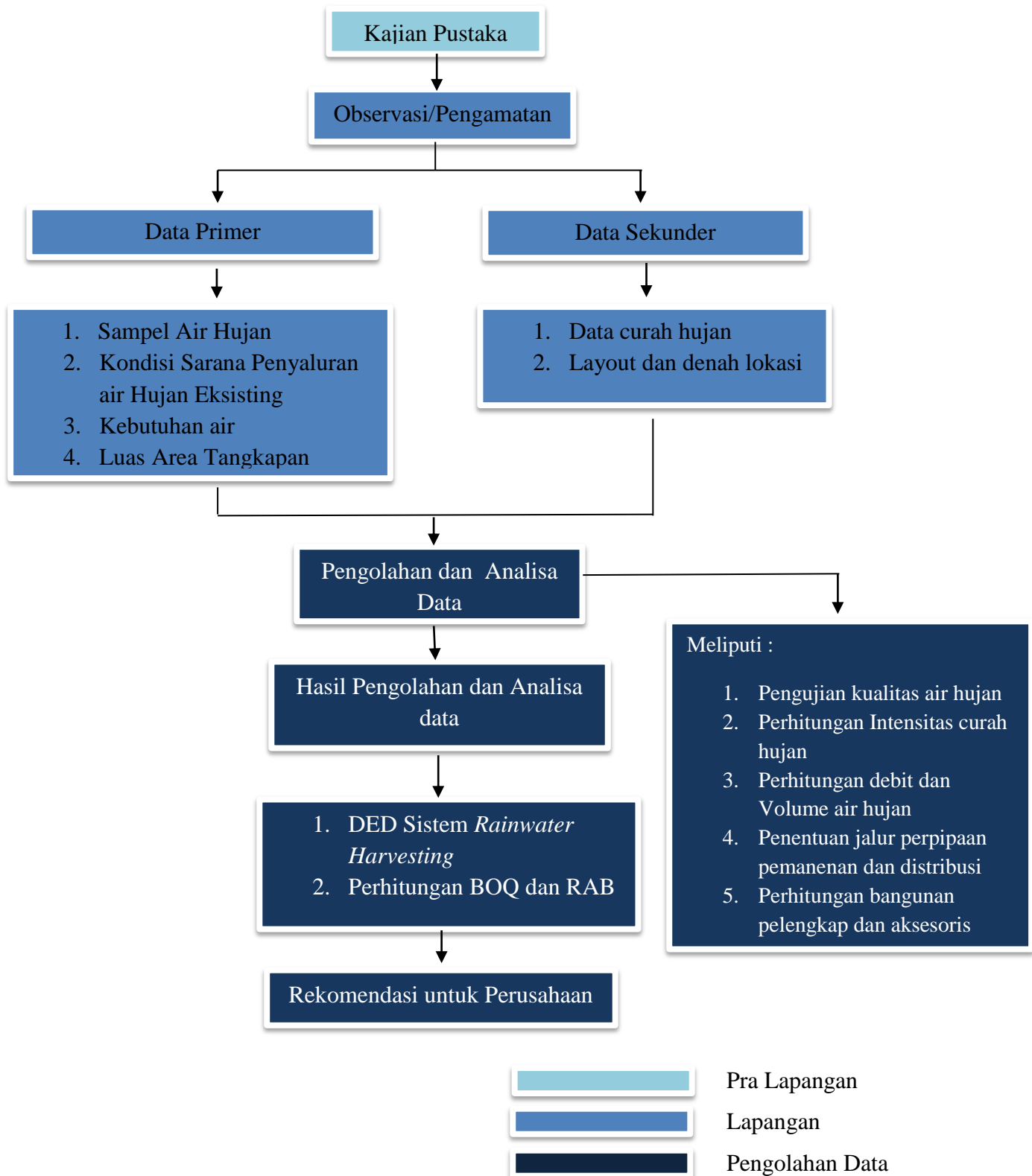
b. Lapangan

- Pendataan Curah Hujan
- Pendataan Jaringan Air Hujan Eksisting
- Pendataan Penggunaan Air Bersih
- Pengamatan Kondisi Saat Terjadi Hujan
- Pengambilan Sampel Air Hujan

c. Pengolahan Data

- Pengujian Sampel Air Hujan
- Perhitungan intensitas curah hujan
- Perhitungan debit air hujan
- Perencanaan Jaringan Sistem Pemanenan Air Hujan
- Perencanaan Jaringan Sistem Distribusi Air Hujan
- Perhitungan *Bill of Quantity* dan Rencana Anggaran Biaya

Adapun diagram alur pelaksanaan penelitian seperti pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian Secara Keseluruhan

3.4 Metode Pengumpulan Data dan Pengolahan data

Adapun teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini berupa:

- 1) Pengambilan data primer :
 - a. Pengamatan langsung di lapangan.
 - b. Pengambilan sampel air hujan
 - c. Wawancara dengan karyawan Balai Yasa Yogyakarta.

- 2) Pengambilan data sekunder :

Data sekunder merupakan data-data pelengkap yang digunakan sebagai penunjang data primer. Data sekunder diperoleh dari instansi-instansi yang terkait atau bisa dari studi literatur yang diperoleh. Data sekunder tersebut meliputi :

- a. Data curah hujan tahunan stasiun Kota Yogyakarta
- b. Peta atau master plan kawasan Balai Yasa Yogyakarta.
- c. Penghitungan Kebutuhan Air Pencucian & Karyawan UPT Balai Yasa

- 3) Pengolahan data.

Setelah didapat data , digunakan beberapa perhitungan seperti :

- a. Pengujian Kualitas air hujan

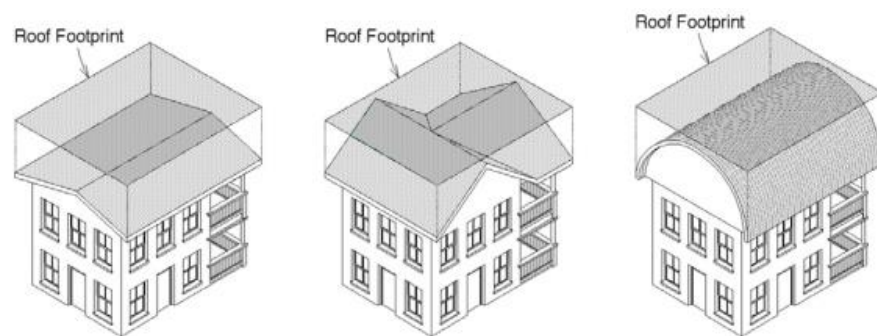
Kualitas air hujan diperlukan untuk air hujan yang akan digunakan proses produksi karena beberapa proses produksi memiliki kualitas air hujan spesifik yang berguna untuk penggunaannya. Berikut ini pengujian yang dilakukan terhadap sampel air hujan :

Tabel 3.1 *Pengujian Kualitas Air Hujan yang digunakan*

Uji kualitas air Hujan	Metode
pH	SNI 06-6989.11-2004 (pH meter)
Suhu	SNI 06-6989.23-2005 (Temperature test with Termometer)
Total Dissolved Solid	TDS Meter
Total Suspended Solid	SNI-06-6989.3-2004
Chemical Oxygen Demand	SNI 06-6989 2-2004 (Refluks Tertutup)
Dissolved Oxygen	DO Meter
Konduktivitas	Cd Meter
Kekeruhan	SNI 06-6989[1].25-2005 (nefelometer)

b. Area Penangkapan (*Catchment Area*)

Daerah Tangkapan hujan atau area tangkapan hujan adalah daerah tangkapan yang terkena atau teraliri oleh air hujan. Area tangkapan hujan dapat berupa jejak air (*water footprint*). Area tangkapan hujan pada perencanaan sistem *rainwater harvesting* pada bangunan gedung biasanya menggunakan atap bangunan sebagai area tangkapan (*catchment area*) air hujan.



Gambar 3.3 Jejak Air pada beberapa jenis atap bangunan

(sumber : Khrisna, 2005)

Untuk menghitung luasan atap bangunan yang berbentuk limas/perisai/pelana, kita dapat menggunakan rumus berikut :

$$\text{Kebutuhan luasan atap} = (\text{Panjang} \times \text{Lebar}) / \text{Cos} (z)$$

dimana : z adalah sudut kemiringan atap (Wahadamaputera, 2014)

c. Analisa Frekuensi Curah Hujan

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi, Salahsatunya adalah distribusi Gumbel. Perhitungan curah hujan rencana menurut Metode Gumbel, mempunyai perumusan sebagai berikut :

$$X = \bar{X} + SK$$

di mana:

X = harga rata-rata sampel

S = standar deviasi (simpangan baku) sampel

Nilai K (faktor probabilitas) untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n}$$

di mana:

Y_n = *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel/data n

S_n = *reduced standard deviation* yang juga tergantung pada jumlah sampel/data n

Y_{Tr} = *reduced variate*, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini

$$Y_{Tr} = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right\}$$

d. Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jam-jaman. Data curah hujan jangka pendek ini hanya dapat diperoleh dengan menggunakan alat pencatat hujan otomatis. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian dapat dihitung menggunakan rumus distribusi mononobe, sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

dengan :

I = intensitas hujan (mm/jam),

R_{24} = curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm),

t = lamanya hujan (jam) (Edisono, 1997)

e. Debit Rencana

Umumnya untuk menentukan debit aliran akibat air hujan diperoleh dari hubungan rasional antara air hujan dengan limpasannya (Metode Rasional). Besarnya debit rencana dihitung dengan menggunakan metode rasional kalau alirannya kurang dari 80 Ha. Adapun rumusan perhitungan debit rencana Metode Rasional adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

di mana:

Q = Debit rencana dengan periode ulang T tahun (m^3/dtk)

C = Koefisien aliran permukaan

I = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (Ha) (Edisono, 1997)

f. Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (*runoff coefficient*) adalah perbandingan antara jumlah air hujan yang mengalir atau melimpas di atas permukaan tanah (*surface run-off*) dengan jumlah air hujan yang jatuh dari atmosfer (hujan total yang terjadi). Besaran ini dipengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah. Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan dikemudian hari. Koefisien pengaliran mempunyai nilai

antara, dan sebaiknya nilai pengaliran untuk analisis dipergunakan nilai terbesar atau nilai maksimum.

Tabel 3.2 Koefisien Limpasan untuk metode Rasional

Tipe Area	Koefisien Run Off (C)
Pegunungan Curam	0,75 - 0,90
Tanah Bergelombang dan Hutan	0,50 - 0,75
Dataran yang ditanami	0,45 - 0,60
Atap	0,75 - 0,95
Perkerasan Aspal/Beton	0,80 - 0,90
Tanah Padat sulit diresapi	0,40 - 0,55
Tanah agak mudah diresapi	0,05 - 0,35
Taman/Lahan Terbuka	0,05 - 0,25
Kebun	0,05 - 0,20
Perumahan tidak begitu rapat (20 Rumah/Ha)	0,25 - 0,40
Perumahan kerapatan sedang (21 - 60 Rumah/Ha)	0,40 - 0,70
Perumahan rapat (60 - 160 Rumah/Ha)	0,70 - 0,80
Daerah Rekreasi	0,20 - 0,30
Daerah Industri	0,80 - 0,95
Daerah Perniagaan	0,90 - 0,95

(Edisono, 1997)

g. Perencanaan Pipa

Persamaan Hazen-Williams didasarkan pada kenyataan bahwa angka Reynold nilainya cukup besar dan pipa-pipa umumnya kasar sehingga jenis aliran yang masuk digolongkan sebagai aliran turbulen berkembang penuh. Dalam hal ini koefisien gesekan tidak tergantung kepada angka Reynold. Pada jaringan pipa yang kompleks pemakaian persamaan Hazen williams sangat mempermudah dibandingkan dengan persamaan lain.

$$Q = 0,2785 \cdot C \cdot D^{0,63} \cdot S^{0,54} \cdot A$$

$$D = \left(\frac{Q}{0,2785 \cdot C \cdot S^{0,54}} \right)^{1/2,63}$$

Q = Debit rencana (m³/dtk)

C = Koefisien aliran permukaan dalam pipa

S = Kemiringan pipa

S = Diameter pipa (m)

A = Luas daerah pengaliran (Ha) (Edisono, 1997)

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam penempatan pipa air hujan adalah sebagai berikut :

- 1) Pipa sekunder dipasang tidak mengganggu aliran atau pipa lainnya dipasang di tepi bangunan, pipa primer dipasang di bawah trotoar/jalan, hal ini mengingat kemungkinan penggalian jika diperlukan perbaikan, atau ditengah median.
- 2) Kedalaman minimal saluran dimaksudkan untuk melindungi saluran terhadap beban – beban diatasnya. Kedalaman saluran harus disesuaikan dengan kedalaman maksimum: 2 – 3 m.

h. Bangunan Pelengkap

1) Reservoir

Lokasi dan tinggi reservoir ditentukan berdasarkan pertimbangan sebagai berikut:

- Reservoir pelayanan di tempat sedekat mungkin dengan pusat daerah pelayanan
- Tinggi reservoir pada sistem gravitasi ditentukan sedemikian rupa sehingga tekanan minimum sesuai hasil perhitungan hidrolis di jaringan pipa distribusi. Muka air reservoir rencana diperhitungkan berdasarkan tinggi muka air minimum;
- Jika elevasi muka tanah wilayah pelayanan bervariasi, maka wilayah pelayanan dapat dibagi menjadi beberapa zona wilayah pelayanan yang dilayani masing-masing dengan satu reservoir.

Volume reservoir pelayanan (*service reservoir*) ditentukan berdasarkan :

- Jumlah volume air maksimum yang harus ditampung pada saat pemakaian air minimum ditambah volume air yang harus disediakan pada saat pengaliran jam puncak karena adanya fluktuasi pemakaian air di wilayah pelayanan dan periode pengisian reservoir;

- Cadangan air untuk pemadam kebakaran kota sesuai dengan peraturan yang berlaku untuk daerah setempat Dinas Kebakaran;
- Kebutuhan air khusus, yaitu pengurusan reservoir, taman dan peristiwa khusus.

2) *Water Tank*

Tangki air atau *Water Tank* dimaksudkan menampung kebutuhan puncak dan biasanya disediakan kapasitas yang cukup untuk jangka waktu kebutuhan puncak tersebut.

Dalam keadaan tertentu dapat terjadi bahwa kebutuhan air puncak dimulai saat muka air terendah dalam tangki atas, sehingga perlu diperhitungkan jumlah air yang dapat dimasukan oleh pompa. Kapasitas efektif dapat dinyatakan dengan rumus.

$$V_E = [(Q_P - Q_{m_{max}}) \times T_P] + (Q_{Pu} \times T_{Pu})$$

Dimana

V_E = Kapasitas Efektif Water Tank (m^3)

Q_P = Kebutuhan Puncak (m^3 /menit)

$Q_{m_{max}}$ = Kebutuhan Jam Puncak (m^3 /menit)

Q_{Pu} = Kapasitas Pompa Pengisi (m^3 /menit)

T_P = Jangka waktu kebutuhan puncak

T_{Pu} = Jangka waktu kebutuhan pengisi

3) Pompa

Ditinjau dari klasifikasi penggerak/mekanik pompa terdapat beberapa macam antara lain pompa reciprocating, pompa tangan, pompa sentrifugal, pompa lift. Kriteria Perencanaan Pompa adalah sebagai berikut:

- Kecepatan aliran air dalam pipa hisap kurang atau sama dengan 1 m/detik
- Kecepatan aliran air dalam pipa tekan kurang atau sama dengan 2 m/detik

- Kecepatan aliran air dalam pipa header kurang atau sama dengan 3 m/detik
- Kehilangan tekanan pada pipa kurang dari 5 m/km
- Memiliki sarana pengaman untuk menghindari kerusakan
- Memiliki alat pengatur kapasitas aliran air
- Memiliki sarana untuk perawatan dan perbaikan

4) Bak Kontrol

Bak Kontrol merupakan salah satu bangunan penunjang pada jaringan pipa. Bak Kontrol berfungsi untuk menghilangkan tekanan lebih yang terdapat pada aliran pipa, mengendapkan partikel – partikel tersuspensi yang terbawa air hujan dari atap, dan sebagai titik pertemuan *junction* pipa primer dan sekunder.

3.5 **Bill Of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

Bill of quantity adalah perhitungan detail dari pekerjaan pembangunan sistem pemanenan air hujan, berupa jumlah bongkaran, pemasangan, maupun galian dan timbunan yang akan dikerjakan. Perhitungan BOQ berdasarkan upah jasa dan material yang berlaku di Kota Yogyakarta, sedangkan RAB adalah rekapitulasi anggaran biaya keseluruhan proses pembangunan sistem pemanenan air hujan.