

Perpipaan Air Baku Dari Intake Karangtalun Ke Instalasi Penjernihan Di Mandungan, Margoluwih, Seyegan Sleman

Marinus Adrianus Kehi¹, Yohanes Agus Jayatun²

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : jayatun2020@gmail.com

ABSTRAK

Air baku merupakan air yang menjadi bahan baku utama air olahan untuk kegunaan tertentu. Air baku ini tidak semerta merta dapat langsung digunakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih dalam kehidupan sehari-hari. Namun akan mengalami proses pengolahan terlebih dahulu untuk menjaga kualitas dari air tersebut. Oleh karena itu perlu adanya instalasi pengolahan air (IPA) yang tujuannya adalah menghilangkan pencemar (polutan) yang ada didalam air atau mengurangi kadarnya agar air dapat menjadi layak untuk digunakan untuk masyarakat pada akhir dari proses penjernihan. Di D.I. Yogyakarta sendiri salah satunya berada di Kec. Seyegan, Kab. Sleman yakni IPA SPAM Regional Kartamantul. Metode dalam perancangan sistem perpipaan air baku ini menggunakan dua metode untuk mengalirkan air dari intake Karangtalun menuju Instalasi Penjernihan Air di Seyegan. Metode pertama menggunakan metode pompa dengan total panjang pipa 2100 m dengan perbedaan elevasi 20 m, metode kedua menggunakan metode alir dengan gravitasi dengan Panjang total pipa 9450 m dengan perbedaan elevasi sebesar 31 m. dari hasil perancangan didapat spesifikasi pipa yang digunakan adalah pipa ASTM A53 NPS 24 inch schedule 40.

Kata kunci: perpipaan air baku, instalasi pengolahan air (IPA)

ABSTRACT

Raw water is water that becomes the main raw material for processed water for certain uses. This raw water cannot necessarily be directly used to meet the needs of clean water in everyday life. Therefore, it is necessary to have a water treatment plant (IPA) whose purpose is to remove pollutants (pollutants) in the water or reduce their levels so that the water can be suitable for use by the community at the end of the purification process. In D.I. Yogyakarta itself, one of them is in Seyegan Sub-District, Sleman Regency, namely the Kartamantul Regional SPAM IPA. The method in designing this raw water piping system uses two methods to drain water from the Karangtalun intake to the Water Purification Plant in Seyegan. The first method uses the pump method with a total pipe length of 2100 m with an elevation difference of 20 m, the second method uses the gravity flow method with a total pipe length of 9450 m with an elevation difference of 31 m. From the design results obtained the pipe specifications used are ASTM A53 NPS 24 inch schedule 40 pipes

Keyword : raw water piping, water treatment plant (IPA)

PENDAHULUAN

Air baku merupakan air yang menjadi bahan baku utama air olahan untuk kegunaan tertentu. Seiring dengan perkembangan peradaban dan pertumbuhan penduduk, Ketersediaan air bersih merupakan salah satu kebutuhan dasar dan hak sosial ekonomi masyarakat yang harus dipenuhi oleh pemerintah, baik itu pemerintah daerah maupun pemerintah pusat. Berdasarkan data BPS Daerah Istimewa Yogyakarta, banyaknya air bersih yang disalurkan kepada pelanggan atau banyaknya air bersih yang dikonsumsi pada Tahun 2018 sebanyak 32,639 juta m^3 , dan pada Tahun 2021 menjadi sebanyak 37,033 juta m^3 , mengalami pertumbuhan 3,37% per tahun, dengan persentase air bersih yang disalurkan ke rumah tempat tinggal pada Tahun 2021 sebesar 89,54%, dari seluruh air bersih yang di salurkan. Kebutuhan akan air bersih di Daerah Istimewa Yogyakarta akan terus mengalamai peningkatan signifikan setiap tahunnya, hal ini dipengaruhi oleh laju pertumbuhan penduduk, semakin banyaknya pusat perekonomian, seperti adanya pengembangan kampus perguruan tinggi, bertambahnya sekolah sekolah yang dibangun, bertambahnya rumah sakit, permukiman, kawasan wisata kuliner dan hotel berbintang hingga kawasan industri. Untuk mengatasi hal tersebut yang paling memungkinkan adalah memanfaatkan sumber air dari permukaan terutama sungai sungai yang melewati kabupaten Kota Yogyakarta yang salah satunya yakni sungai Progo

TEORI

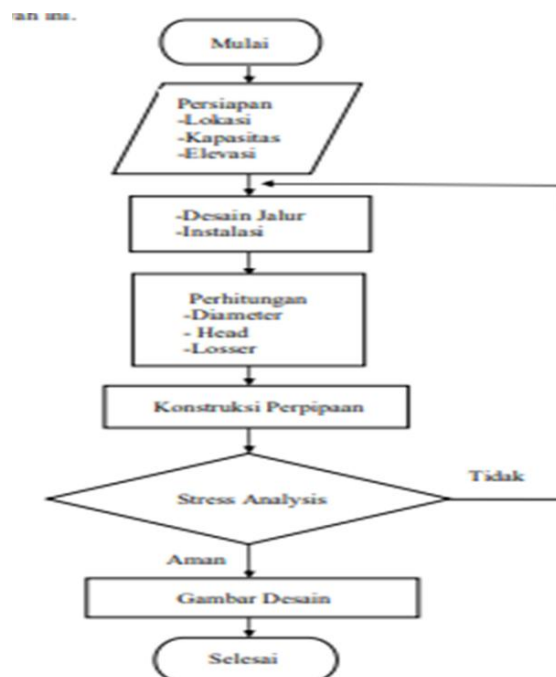


Air baku adalah air yang menjadi bahan baku utama air olahan untuk kegunaan tertentu. Kegunaan air baku terbesar adalah untuk air minum. Dalam PP Nomor 16 tahun 2005 tentang sistem penyediaan air minum, air baku air minum dapat dari sumber air permukaan (Sungai, danau dan waduk), cekungan air tanah, dan atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu. Untuk menjamin kuantitas dan kontinuitas pasokan air baku maka suatu sistem air baku pada umumnya terdiri dari unit-unit sebagai berikut: bangunan sadap (*intake*), pompa air, perpipaan (*pipe laying*) alat pantau (alat ukur kuantitas dan kualitas), dan bangunan pendukung lainnya. Intake adalah suatu struktur yang dibangun pada sumber air, yaitu: Sungai, danau, atau waduk untuk mengarahkan air ke suatu kolam didalamnya agar dapat diteruskan ke komponen lain dengan andal. Pada unit intake dapat dilengkapi dengan pintu air untuk menyekat ketika kolam intake dirawat dan saringan kasar untuk mencegah masuknya sampah dan barang-barang kasar lainnya kedalam kolam intake. Manhole atau pintu dan tangga serta lampu penerang dapat dilengkapi pada unit ini untuk menunjang operasional. *Water Treatment Plant (WTP)* atau Instalasi Pengolahan Air (IPA) merupakan sistem yang terintegrasi berfungsi untuk mengolah air dari kualitas air baku terkontaminasi menjadi kualitas air yang diinginkan sesuai standar mutu yang sudah ditentukan. Biasanya bangunan atau konstruksi ini terdiri dari 5 proses, yaitu: koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi. Dalam perancangan sebuah sistem perpipaan terdapat batasan aliran dalam pipa yaitu 2 m/s. sehingga aliran dalam pipa tidak lebih dari 2 m/s (*Grafik Hazen dan William*). V (kecepatan) diijinkan ≤ 2 m/s. Semakin besar kecepatan aliran sebuah fluida cair (*water*) dalam pipa maka semakin besar pula rugi-rugi yang ditimbulkan. Oleh karena itu ditetapkan 2 m/s sebagai batasan kecepatan aliran dalam pipa.

Aliran gravitasi adalah sistem pengaliran udara dari satu tempat ketempat lain dengan cara memanfaatkan energy potensial yang diperlukan yang berkaitan dengan udara. Pada prinsipnya dalam pembuatan jaringan dengan metode gravitasi, itu adalah pemilihan dari karakter karakter pipa yang ada. Pemilihan dan penentuan jaringan berdasarkan salah satu ciri perpipaan yang paling ideal terhadap persyaratan serta kebutuhan yang ada. Perancangan ini didekati dengan menggunakan aliran persamaan pada persamaan *Darcy-Weisbach* dan persamaan *Hagen-Poiseuille* untuk diameter dan panjang pipa.

Pompa merupakan mesin kerja fluida yang berfungsi mengalirkan fluida cair dari satu tempat ketempat yang lain. Pada dasarnya fluida cair dapat mengalir dari suatu tempat ketempat lain secara alami karena adanya perbedaan ketinggian, yaitu dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Pada keadaan tertentu diperlukan pemindahan fluida dari tempat yang lebih rendah ketempat yang lebih tinggi namun hal ini tidak dapat terjadi karena adanya gaya gravitasi. Untuk itu digunakan pompa yang akan menaikkan energy tekan, energy kecepatan, dan energy potensialnya sehingga fluida dapat mengalir karena adanya perbedaan tekanan.

METODE PENELITIAN



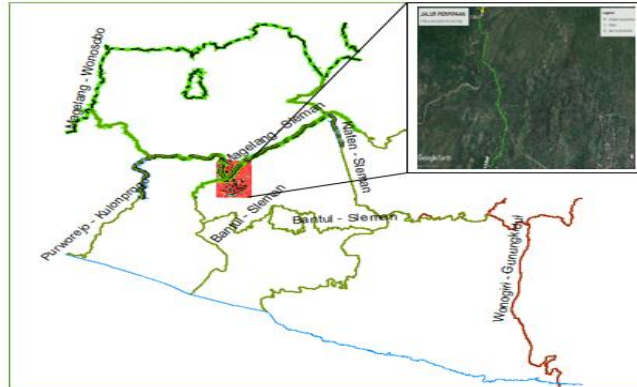
Gambar 1. Flowchart perencanaan sistem perpipaan transportasi air baku

A. Persiapan



1. Survei Lokasi

Bertujuan untuk mendapatkan gambaran umum secara nyata terkait lokasi perencanaan dalam penulisan tugas akhir ini. Survei jalur pipa dilakukan *tracking* menyusuri jalan dengan bantuan *GPS* (*Global Positioning System*).



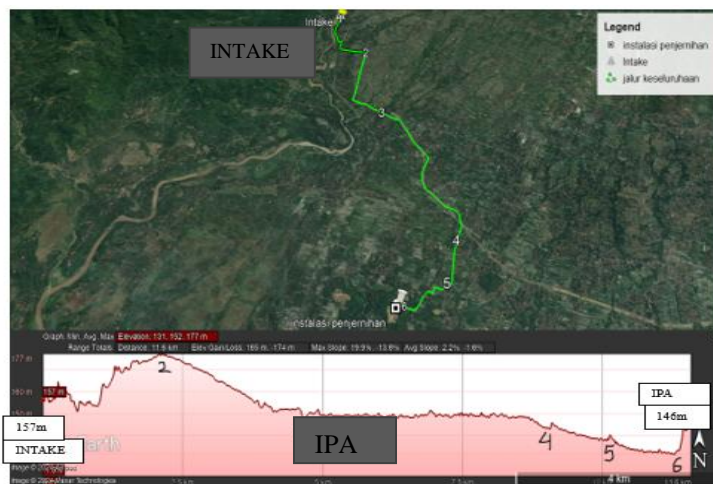
Gambar 2. Lokasi Perencanaan

2. Kapasitas

Debit air baku yang akan dialirkan dari intake Karangtalun ke instalasi penjernihan pada sistem perpipaan yang direncanakan pada tugas akhir ini adalah sebesar 450 l/detik.

3. Elevasi

Untuk mengetahui elevasi topografi tanah jalur yang dilewati digunakan *software* bantu dari Google Earth Pro versi 7.3.2.



Gambar 3. Elevasi jalur perpipaan yang akan dilalui pipa

B. Persamaan Matematika

1. Debit yang diperlukan untuk mengalirkan Fluida

$$Q_{rencana} = 0,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kecepatan aliran maksimum (V_{maks}) = 2m/s

$$Q_{rencana} = A \cdot V \quad (1)$$

Dengan:

- Q : Debit aliran (m^3/detik)
- A : Luas penampang aliran (m^2)
- V : Kecepatan aliran (m/s)
- D : Diameter pipa

2. Kecepatan Dalam Pipa



$$V = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (3)$$

Dengan,

D : Diameter pipa

3. Menghitung viskositas kinematik

$$v_k = \frac{v_d}{\rho} \quad (4)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} v_d &= \text{viskositas dinamis (centipoise)} \\ &= 1,138 \text{ cp (fluida air pada suhu } 15^{\circ}\text{C)} \\ &= 1,138 \cdot 10^{-2} \text{ dyne. s. cm}^{-2} \\ \rho &= \text{massa jenis (g/cm}^3\text{)} \\ &= 0,999 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

4. Menghitung Reynold number (Re)

$$R_e = \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = \frac{D \cdot V}{\nu} \quad (5)$$

Dengan :

$$\begin{aligned} R_e &: \text{Bilangan Reynolds} \\ D &: \text{Diameter dalam pipa (m)} \\ V &: \text{Kecepatan aliran (m/s)} \\ \rho &: \text{Massa jenis fluida (kg/m}^3\text{)} \\ \nu &: \text{Kekentalan kinematik (m}^2\text{/detik)} = \frac{\mu}{\rho} \\ \mu &: \text{Viskositas Absolut (N.s/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

5. Menghitung Kehilangan energi tinggi (Major)

$$h_{f.maj} = f \frac{L}{D_{in}} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (6)$$

Dengan

$$\begin{aligned} h_f &: \text{Kehilangan energy atau Tekanan (m)} \\ D &: \text{Diameter dalam pipa (m)} \\ L &: \text{Panjang pipa (m)} \\ g &: \text{Percepatan gravitasi (m/s}^2\text{)} \\ V &: \text{Kecepatan aliran (m/s)} \end{aligned}$$

Koefisien gesek f bergantung pada diameter kekasaran relative dan angka *Reynold* jika Turbulace:

$$f = F \left(\frac{\varepsilon}{D}, \frac{VD}{\nu} \right) = f \left(\frac{\varepsilon}{D}, R \right) \quad (7)$$

Dengan

$$\begin{aligned} \varepsilon &: \text{Diameter kekerasan pipa (mm)} \\ \nu &: \text{Viskositas (Nm/s}^2\text{)} \end{aligned}$$

Koefisien gesek f bergantung pada diameter kekasaran relative dan angka *Reynold* jika Laminer:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (8)$$

6. Menghitung Head Minor friction ($h_{f.min}$)

$$h_{f.min} = k \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad (9)$$

Dimana

$$\begin{aligned} \nu &: \text{Kecepatan aliran (m/detik)} \\ g &: \text{percepatan gravitasi (m/det}^2\text{)} \\ K &: \text{Koefisien Rasistance (tabel)} \end{aligned}$$

7. Head Loss

$$HL = h_m + h_f \quad (10)$$

dengan,

- h_m : Kehilangan energi kecil (Minor)
 h_f : Kehilangan energi tinggi (Major)

8. Head Kinetic (H_v)

$$H_v = \frac{v^2}{2g} \quad (11)$$

Dimana

- v : Kecepatan aliran (m/detik)
 g : percepatan gravitasi (m/det²)

9. Menghitung Total Head

$$H_d = H_{gd} + H_l + H_v \quad (12)$$

10. NPSH

$$NPSH_a > 1,5 NPSH_r \quad (13)$$

Rumus untuk NPSH_a adalah sebagai berikut

$$NPSH_a = P_{\text{hisap}} - P_{\text{jenuh}} \quad (14)$$

11. Daya Pompa

$$P_w = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (15)$$

Dengan :

- P_w : Daya air (kw)
 ρ : Berat air persatuan volume (kN/m³)
 g : Gravitasi (9,8 m/det²)
 Q : Kapasitas (m³/det)
 H : Heat total pompa (m)

12. Daya Poros

$$P = \frac{P_w}{\eta_p} \quad (18)$$

Dengan

- P : Daya poros sebuah pompa (kw)
 η_p : efisien pompa

13. Tekanan desain internal atau *maximum allowable working pressure* (MAWP)

$$\sigma_t = \frac{pD}{2t} \quad (19)$$

dimana,

- σ_t = Tegangan Tangensial (Pa, psi)
 p = tekanan kerja silinder (pa, psi)
 D = diameter luar silinder (m, in)
 t = tebal dinding silinder (m, in)

$$P_{max} = \frac{2st}{D} \quad (20)$$

C. PERANCANGAN INSTALASI

1. Metode Penyambungan pipa Sambungan

- Proses pengelasan
 Pengelasan dilakukan untuk menyambung pipa, hamper keseluruhan penyambungan menggunakan las. Hal ini dipilih karena biaya yang lebih murah dan juga kuat.
- Penyambungan dengan *flange* dipilih untuk mencegah pemuaiian, pemasangan *flange* dengan jarak antara *flange* relatif Panjang, hal ini dilakukan dikarenakan pemasangan *flange* yang membutuhkan biaya yang besar dan memerlukan kerumitan, *flange* dipasang pada medang yang cenderung lurus hal ini dipilih agar flange tidak terlalu mengalami gaya radial. Berikut contoh bentuk pemasangan.



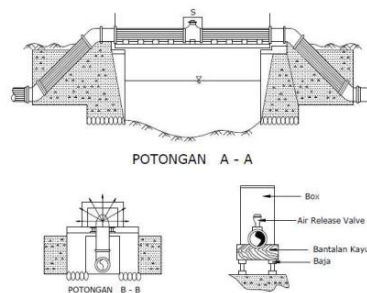
- c. Hal yang perlu diperhatikan adalah kedalaman tanah. Untuk jarak aman instalasi jalan beban, lubang yang diperlukan ± 600 mm akan tetapi hal tersebut juga kondisional meninjau dari daerah yang akan dilakukan penggalian.

2. Jembatan pipa

Pada saat pipa melewati Sungai dengan lebar melebihi standar bentang pipa, sistem perpipaan memiliki jembatan pipa sebagai penyangga pipa mengingat Sungai yang dilalui dengan lebar 20-25 meter. Pada perencanaan jembatan pipa perlu beberapa aspek diantaranya yaitu :

- Jembatan pipa transportasi air. Pipa jenis ASTM 53 sch 40 pada bagian bawah dibuat jembatan pipa berdasarkan hasil perhitungan batas tegangan pipa.
- Pondasi atau penguat disetiap ujung jembatan (sisi Sungai). Disetiap ujung pipa dibuat pondasi yang mengikat ujung pipa untuk mencegah longsor akibat menahan dari beban pipa dan air didalamnya. Dudukan (pondasi) pipa dari beton cor atau pasangan batu kali dibuat kokoh dan disesuaikan dengan ketinggiannya. Besi "H beam" untuk dudukan pipa dilengkapi dengan kleam untuk mengikat pipa.
- Ketinggian jembatan terhadap permukaan air disungai. Pipa dinaikan lebih tinggi saat melintas Sungai untuk mencegah kerusakan akibat hampasan air maupun sampah yang terbawah oleh arus pada saat Sungai meluap, tidak menghalangi aliran air Sungai, maupun mencegah agar tidak digunakan perlintasan oleh pejalan kaki.
- Dipasang juga *Air release valve*, untuk melepas udara yang terjebak.
- Pemasangan pagar matahari. Pagar matahari dipasang untuk mencegah jembatan pipa tidak digunakan untuk perlintasan pejalan kaki.

Menjelaskan penelitian secara kronologis, termasuk desain penelitian, prosedur penelitian (dalam bentuk



Gambar 4. Jembatan Pipa

HASIL DAN ANALISIS

Dari hasil perancangan rekalkulasi sistem perpipaan Intake Karangtalun menuju Instalasi Penjernihan Air di Seyegan Dapat disimpulkan berikut :

- Data Lapangan

Panjang total pipa	: 11,6 km
Elevasi di Intake karangtalun	: 157 m
Elevasi di bak filtrasi (section 2)	: 177 m
Elevasi di bak instalasi penjernihan air	: 146 m
Debit rencana	: $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$
Melewati Sungai	: 9
- Jenis pipa dimensi pipa
 Sesuai dengan perhitungan menurut standar, maka dipilih pipa:
 - Jenis pipa = ASTM A53 sch 40
 - NPS = 24
 - Schedule = 40
 - Tebal dinding = 0,688 inch
 - Diameter luar = 24 inch



3. Instrumen yang digunakan metode pompa

Tabel 2. Bagian *discharge*

<i>Fitting</i>	jmlh	NPS	($h_{f,min}$)	Total($h_{f,min}$)
<i>Elbow 90°</i>	3	24	0,022	0,066
<i>Elbow 45°</i>	8	24	0,022	0,176
<i>Flexible joint</i>	1	24	0	0
<i>Air release valve</i>	4	24	0	0
<i>Butterfly valve</i>	1	24	0,35	0,035
<i>Gate Valve</i>	1	24	0,012	0,012
Total				0,289

Tabel 3. Bagian *suction*

Fitting	jmlh	NPS	($h_{f,min}$)	Total($h_{f,min}$)
<i>Elbow 90°</i>	1	24	0,012	0,022
<i>Food valve with strainer hinged dich</i>	1	24	0,11	0,11
<i>Flexible joint</i>	1	24	0	0
<i>Gate Valve</i>	1	24	0,012	0,012
Total				0,144

4. Instrumen yang digunakan metode Gravitasi

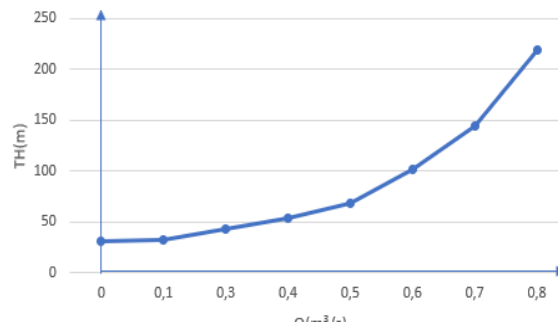
Tabel 4. panjang Ekuivalen

fitting	Jmlh	L/D	K	NP S	$L_{eq}(jmlh.NPS)L/D$ (inchi)	$L_{eq}(jmlh.NPS)L/D$ (meter)
Elbow 45	20	16	0,19	24	7680	195,072
Elbow 90	8	30	0,19	24	2160	146,304
Strainer	1	75	0,90	24	1800	45,72
Eleksible joint	1	0	0	24	0	0
Butterfly valve	1	0	0,30	24	0	0
Air realise valve	7	0	0	24	0	0
Gate Valve	1	8	0,10	24	192	4,8768
Ball valve	7	3	0,04	24	288	12.8016
Ekuivalen fitting						404,7744
Panjang pipa discharge						9045,2256
Panjang total						9450

5. Untuk metode gravitasi Data hasil perhitungan

Tabel 5. Karakteristik Aliran pipa

No	Debit (m^3/s)	H_G (m)	H_L (m)	TH (m)
1	0	31	0	31
2	0,1	31	1,229	32,229
3	0,3	31	12,237	43,237
4	0,4	31	22,138	53,138
5	0,5	31	37,678	68,678
6	0,6	31	70,546	101,546
7	0,7	31	113,929	144,929
8	0,8	31	187,805	218,805



Gambar 5. Grafik Hubungan antara Q vs TH

KESIMPULAN

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa pipa dengan ukuran NPS 24inch sch 40 sudah sesuai dengan debit desain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Asep Slamet Riyadi, *Perencanaan Sistem Perpipaan Transprtasi Air Bersih dari Sumur Dalam Ambarketawang Menuju Reservoir PDAM Desa Balecatur*, ITNY, 2019.
- [2]. Fajar Rasyid Wibowo, *Rekalkulasi Sistem Perpipaan Dari Clearwell Bantar Menuju Reservoir Reginal Guwo Kapasitas 90 m³/Jam*, ITNY, 2020.
- [3]. Remy Desvianto Talantan, *Perencanaan Perpipaan Air Baku Dari Battang Barat Ke Battang, Kecamatan Wara Barat, Kota Palopo, Sulawesi Selatan*, ITNY 2021.
- [4]. Raswari, 1987, "Perencanaan dan Penggambaran Sistem Perpipaan", UI-Press, Jakarta.
- [5]. Raswari, 1986, "Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipaan" UI-Pess, Jakarta.
- [6]. Radiana Triadmaja, *Teknik Penyediaan Air Minum Perpipaan*, 2016.
- [7]. Lestari, Lusya Galih (2019) *Kompleks Instalasi Pengolahan Air (IPA) Minum Di Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta Dengan Pendekatan Arsitektur Ekologis*. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- [8]. Ir.Rahim Siahaan, CES. (2014). *Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air*, PUSKIM. <https://simantu.pu.go.id/content/?id=3610#!>
- [9]. SNI 6773:2008, "Spesifikasi Unit Paket Instalasi Pengolahan Air".