



RENCANA TEKNIS PENYALURAN AIR BUANGAN SISTEM TERPUSAT KABUPATEN KUDUS

Satria Rakhmananda^{*)}, Arya Rezagama^{)}, Dwi Siwi Handayani^{**)}**

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Email: tl.satria@gmail.com

ABSTRAK

Kecamatan Kota Kudus dan Kecamatan Jati di Kabupaten Kudus adalah wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi. Dengan luas lahan yang kecil dan jarak antar rumah penduduk dekat, dikhawatirkan tangki septik yang ada dalam setiap rumah dapat menimbulkan pencemaran pada air tanah. Untuk mengatasi potensi permasalahan tersebut, Pemerintah Kabupaten Kudus telah menyusun dokumen rencana induk pengelolaan air limbah domestik guna mencegah pencemaran air tanah terjadi. Dalam dokumen itu direncanakan penyaluran air limbah domestik dengan sistem terpusat, artinya penyaluran dilakukan melalui jaringan perpipaan (Sewage System). Sistem penyaluran yang dipilih adalah sistem konvensional. Dengan perencanaan ini, diharapkan dapat mencegah pencemaran lingkungan dan menciptakan kawasan penduduk yang sehat dan nyaman.

Kata kunci: kepadatan penduduk tinggi, penyaluran air limbah domestik, sistem konvensional

ABSTRACT

[Detail Engineering Design of Sewerage in Kudus Regency]. Kota Kudus and Jati Subdistrict in Kudus Regency are the most populated inhabitant areas of all. The area is narrow and also the distance between each houses is near. What become the concern is the septic tank from each house might be causing ground water contamination. To prevent the potential problems, The Government has arranged master plan document of domestic wastewater management. One of the plans in the master plan document is to build sewerage system. Between all alternative systems, the conventional system has been selected. This detail engineering design is expected to prevent environmental pollution and to create healthy and comfortable inhabitant area.

Keywords: high populated inhabitant area, domestic wastewater sewerage, conventional system

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pertumbuhan jumlah penduduk yang tinggi dapat berdampak serius terhadap daya dukung lingkungan. Dampak ini harus ditangani dengan baik agar daya dukung lingkungan tidak menurun. Oleh karena kenaikan jumlah penduduk, pemakaian air bersih juga mengalami peningkatan yang berakibat pada peningkatan jumlah air limbah pula. Pembuangan air limbah tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat mencemari lingkungan. Khususnya sumber-sumber air baku yang berada di permukaan ataupun di dalam tanah.

Sistem peyaluran air limbah domestik secara terpusat belum populer dikenal dan diterapkan di kota-kota, salah satunya di Kabupaten Kudus. Kabupaten Kudus memiliki 9 kecamatan yang terbagi menjadi 123 desa dan 9 kelurahan. Jumlah penduduk Kabupaten Kudus sejumlah 791.891 jiwa pada tahun 2013. Jumlah penduduk ini terkonsentrasi di Kecamatan Kota dengan kepadatan penduduk tertinggi sebesar 8.809 jiwa/km². Berdasarkan Rencana Tata Ruang dan Wilayah Kabupaten Kudus tahun 2012-2032, penetapan kawasan permukiman berada di Kecamatan Kota Kudus, Kecamatan Jati, Kecamatan Bae, Kecamatan Kaliwungu.

Melihat rencana itu maka akan terjadi perubahan penggunaan lahan menjadi lahan terbangun untuk memenuhi kebutuhan banyak penduduk, antara lain hunian, jasa, warung makan, dan lain-lain sebagai sarana penunjang kebutuhan. Adanya peningkatan aktivitas penduduk ini akan mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan serta membahayakan kesehatan masyarakat jika tidak ada pengelolaan air limbah yang baik.

Untuk mencegah hal di atas terjadi, pemerintah Kabupaten Kudus telah menyusun Rencana Induk Pengelolaan Air Limbah Domestik. Di dalam dokumen ini terdapat rencana pembangunan penyaluran air limbah domestik sistem terpusat yang

mencakup Kecamatan Kota dan Kecamatan Jati. Sebagai implementasi dari rencana induk yang telah dibuat, dibutuhkan juga rencana teknis untuk penyaluran air limbah domestik sistem terpusat.

Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada rencana teknis penyaluran air limbah domestik sistem terpusat adalah :

1. Pertumbuhan penduduk yang tinggi di Kabupaten Kudus, khususnya Kecamatan Kota dan Kecamatan Jati.
2. Dengan padatnya jumlah penduduk, sistem *On-site* tidak akan efektif menanggulangi pencemaran akibat limbah domestik.

Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada perencanaan rencana teknis penyaluran air limbah domestik sistem terpusat meliputi :

1. Wilayah perencanaan adalah Kecamatan Kota dan Kecamatan Jati.
2. Proyeksi penduduk dan debit air limbah hingga tahun 2034.
3. Sistem penyaluran yang akan didesain adalah rencana sistem terpusat dari Rencana Induk Pengelolaan Air Limbah Dometik Kabupaten Kudus.
4. Perencanaan penyaluran air limbah sistem terpusat meliputi perhitungan debit air buangan, hidrolika perpipaan, desain utilitas dan pompa, serta rencana anggaran biaya.

Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi, dan pembatasan masalah, maka masalah dirumuskan sebagai berikut :

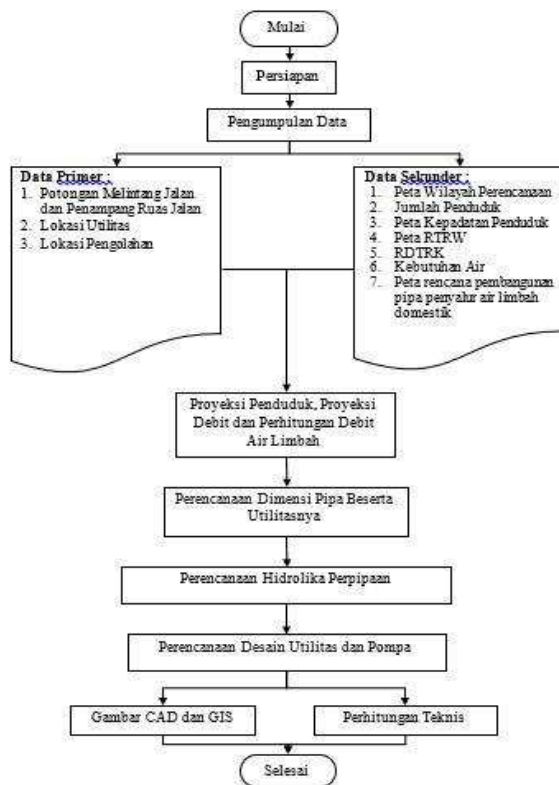
1. Bagaimana rencana penyaluran air buangan domestik sistem terpusat di Kabupaten Kudus?
2. Berapa besar rencana anggaran biaya untuk pembangunan sistem penyaluran air buangan domestik di Kabupaten Kudus?

Tujuan

1. Merencanakan desain penyaluran air buangan domestik sistem terpusat di Kabupaten Kudus.
2. Merencanakan anggaran biaya untuk pembangunan sistem penyaluran air buangan domestik di Kabupaten Kudus.

METODOLOGI PERENCANAAN

Tahapan perencanaan adalah sebagai berikut :



Gambar 1.
Diagram Alir Tahapan Perencanaan Rencana Teknis Penyaluran Air Limbah Sistem Terpusat Kabupaten Kudus

GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

Kepadatan Penduduk

Kepadatan penduduk dalam kurun waktu lima tahun (2009 – 2013) cenderung mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan jumlah penduduk. Pada tahun 2013 tercatat sebesar 2.302 jiwa setiap satu kilo meter persegi. Di sisi lain persebaran penduduk masih belum merata, dimana Kecamatan Kota merupakan kecamatan yang terpadat yaitu 8.790 jiwa per km². Kecamatan Undaan paling rendah kepadatan penduduknya yaitu 990 jiwa per km². Adapun data kepadatan penduduk Kabupaten Kudus seperti terlihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1
Kepadatan Penduduk Bruto Menurut Kecamatan di Kabupaten Kudus Tahun 2013

| No | Kecamatan | Luas Daerah (Km ²) | Luas Daerah Terbangun (Km ²) | Penduduk (Jiwa) | Kepadatan Pnddk Bruto (Jiwa per Km ²) | Kepadatan Pnddk Netto (Jiwa per Km ²) |
|----|-----------|--------------------------------|--|-----------------|---|---|
| 1 | Kaliwungu | 32,71 | 12,87 | 93.802 | 2.867 | 7.288 |
| 2 | Kota | 10,47 | 8,71 | 92.039 | 8.790 | 10.567 |
| 3 | Jati | 26,30 | 16,44 | 102.911 | 3.912 | 6.259 |
| 4 | Undaan | 71,77 | 13,72 | 71.072 | 990 | 5.180 |
| 5 | Mejubo | 36,77 | 19,78 | 72.242 | 1.964 | 3.652 |
| 6 | Jekulo | 82,92 | 39,85 | 101.855 | 1.228 | 2.555 |
| 7 | Bae | 23,32 | 14,51 | 68.170 | 2.923 | 4.698 |
| 8 | Gebog | 55,06 | 34,54 | 96.841 | 1.758 | 2.803 |
| 9 | Dawe | 85,84 | 58,95 | 98.071 | 1.142 | 1.663 |
| | 2013 | 425,16 | 219,37 | 797.003 | 2.302 | 4.462 |
| | 2012 | 425,16 | 219,37 | 791.891 | 1.863 | 3.609 |
| | 2011 | 425,16 | 219,37 | 785.585 | 1.811 | 3.510 |
| | 2010 | 425,16 | 219,37 | 780.287 | 1.798 | 3.407 |
| | 2009 | 425,16 | 219,37 | 759.249 | 1.786 | 3.432 |

Sumber : Kudus Dalam Angka, 2014

Kawasan Permukiman

Rencana pengembangan kawasan permukiman di Kabupaten Kudus meliputi:

1. Permukiman perkotaan memiliki luas keseluruhan kurang lebih 9.884 Ha (sembilan ribu delapan ratus delapan puluh empat hektar) meliputi:

a. Kawasan Perkotaan Kabupaten Meliputi:

- seluruh wilayah Kecamatan Kota.
- seluruh Kecamatan Bae.
- seluruh Kecamatan Jati.
- sebagian Kecamatan Kaliwungu.
- sebagian Kecamatan Gebog.
- sebagian Kecamatan Mejobo.

b. Ibukota Kecamatan Meliputi:

- Ibukota Kecamatan Undaan;
- Ibukota Kecamatan Dawe.
- Ibukota Kecamatan Jekulo.
- Ibukota Kecamatan Gebog.
- Ibukota Kecamatan Mejobo.

2. Permukiman perdesaan sebagaimana memiliki luas keseluruhan kurang lebih 2.653 Ha (dua ribu enam ratus lima puluh tiga hektar) meliputi permukiman di luar Kawasan Perkotaan Kabupaten dan 5 (lima) Ibu Kota Kecamatan.

Sistem pengelolaan air limbah Kabupaten Kudus di tahun 2033 akan memiliki layanan saluran yang mampu menangani beban air limbah dari sekitar 8% penduduk kota. Untuk menangani beban tersebut, Kabupaten Kudus akan memiliki satu sistem saluran air limbah (SSAL) sebagaimana diuraikan dalam tabel berikut.

Tabel 2

| SSAL | Cakupan Layanan | | | IPAL | | |
|------|----------------------------------|---|--------------------------|------------------------------|------|----------------------------------|
| | Kecamatan | Kelurahan | Sumbungan (x 1000 rumah) | Beban (m ³ /hari) | Nama | Kapasitas (m ³ /hari) |
| Jati | Kota dan sebagian Kecamatan Jati | Purwosari, Demangan, Sunggingan, Panjunan, Wergu Kulon, Wergu Wetan, Mlati Lor, Nganguk, Kramat, Demaan, Langgar Dalem, Damaran, Kerjasan, Kajeksan, Glantengan, Getas Pejaten, | 15,5 | 10 | Jati | 12 |

Daerah Rencana Layanan Limbah Kabupaten Kudus Tahun 2033

Sumber : BAPPEDA Kabupaten Kudus, 2013

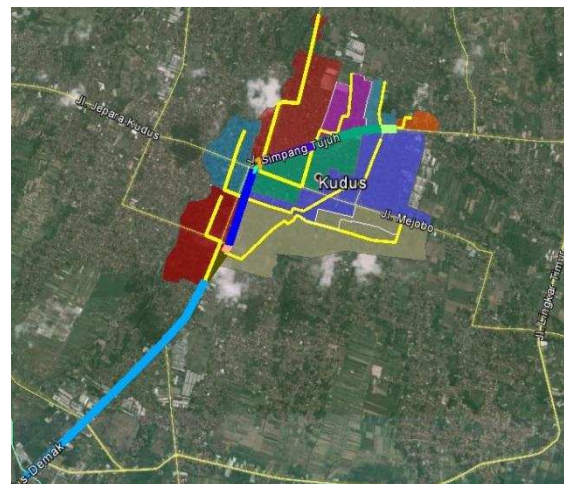
Rencana Induk Pengelolaan Air Limbah Kabupaten Kudus

Sistem pengelolaan air limbah Kabupaten Kudus akan dikembangkan dengan menerapkan kombinasi layanan setempat (*on-site*) dan layanan saluran air limbah (*off-site*) yang terdesentralisasi. Dengan mempertimbangkan kemampuan dan potensi wilayah kota maka ditetapkan Target Layanan Air Limbah Kabupaten Kudus 2033 sebagai berikut:

1. Layanan jamban sehat bagi 100% penduduk Kabupaten Kudus, baik itu berupa jamban pribadi maupun jamban bersama.
2. Layanan penanganan air limbah bagi 14% penduduk Kabupaten Kudus, dengan komposisi 8% layanan setempat dan 6% layanan saluran.
3. Layanan penanganan lumpur tinja untuk seluruh rumah yang menggunakan sistem setempat, atau 70% penduduk Kabupaten Kudus. (Sumber: Masterplan Pengelolaan Limbah Kabupaten Kudus, 2014)

PERENCANAAN PENYALURAN AIR BUANGAN

Berikut adalah citra satelit dari perencanaan jalur pipa dan cakupan area



pelayanan yang menjadi dasar perencanaan Rencana Teknis.

Gambar 2.
Citra Satelit Perencanaan Jalur Pipa dan Cakupan Area Pelayanan

Luas daerah kelurahan yang terlayani adalah 7,7 km² dengan jumlah penduduk 71.226 jiwa. Maka kepadatan penduduk sebesar 9.176 jiwa/km²

Kebutuhan Air Bersih

Berdasarkan data dari PDAM Kabupaten Kudus sebagai penyedia air minum kondisi per Desember 2013, kebutuhan air bersih penduduk terlayani sebesar 204,79 liter/detik. Dengan jumlah penduduk terlayani sebanyak 146.570 jiwa. Maka kebutuhan air bersih dalam sehari adalah sebagai berikut :

Kebutuhan Air Bersih per hari

$$= \frac{\text{Kapasitas Air Terjual}}{\text{Jumlah Penduduk Terlayani}}$$

$$= \frac{204,79 \text{ liter/detik}}{104.570 \text{ jiwa}}$$

$$= 0.0014 \text{ liter/jiwa/detik}$$

$$= 120.71 \text{ liter/jiwa/hari}$$

Maka dari itu, pada perencanaan ini penulis menetapkan kebutuhan air bersih sebesar 120,71 liter/jiwa/hari.

Perhitungan Debit Rencana

Penentuan dimensi sistem PAB dilihat berdasarkan debit total yang masuk ke dalam saluran air buangan. Besarnya debit total bergantung pada besarnya debit air buangan dan debit infiltrasi pada waktu puncak. Menurut literatur, faktor timbulan air buangan berkisar 50%-80% (Tchobanoglous, 1981). Dalam perencanaan ini, penulis menentukan faktor timbulan air buangan adalah 80%.

Contoh perhitungan pada Pipa Lateral A

$$\begin{aligned} \text{Cakupan Area Pelayanan} &= 0,11 \text{ km}^2 \\ \text{Kepadatan Penduduk} &= 9.176 \text{ jiwa/km}^2 \\ \text{Jumlah Penduduk} &= 0,11 \text{ km}^2 \times 9.176 \\ &\text{jiwa/km}^2 \end{aligned}$$

$$= 1.009 \text{ jiwa}$$

$$\text{Penggunaan air bersih (Qam)} = 120,71 \text{ liter/jiwa/hari}$$

$$= 0,0014$$

liter/jiwa/detik

a. Debit rata-rata (Qr)

$$\text{Faktor air buangan rata-rata (fabr)} = 50\% - 80\% \text{ (diambil } 80\%)$$

Perhitungan debit air buangan rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Qr} &= \text{Qam} \times \text{fabr} \times \text{jumlah penduduk} \\ &= 0,0014 \text{ liter/jiwa/detik} \times 80\% \times \end{aligned}$$

$$1.009 \text{ jiwa}$$

$$= 1,1 \text{ liter/detik}$$

$$= 0,0011 \text{ m}^3/\text{detik}$$

b. Debit Puncak (Qpk)

$$\text{P} = \text{Jumlah penduduk dalam } 1.000 \text{ jiwa}$$

$$= 1.009 \text{ jiwa}/1.000 \text{ jiwa}$$

$$= 1,009$$

$$\text{Faktor puncak} = \frac{5}{p^{0,2}}$$

$$= \frac{5}{1,009^{0,2}}$$

$$= 4,99$$

$$\text{Qpk} = \text{Qr} \times \text{fpeak}$$

$$= 0,0011 \text{ m}^3/\text{detik} \times 4,99$$

$$= 0,00563 \text{ m}^3/\text{detik}$$

c. Debit Minimum (Qmin)

$$\text{Faktor minimum} = 60\%$$

$$\text{Qmin} = \text{Qr} \times \text{fmin}$$

$$= 0,0011 \text{ m}^3/\text{detik} \times 60\%$$

$$= 0,00068 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Penentuan Jenis/Bahan dan Perhitungan Diameter Pipa

Jenis pipa yang digunakan adalah pipa uPVC (unplastized Polyvinyl Chloride)

khusus air buangan. Pipa uPVC jenis ini memiliki beberapa keunggulan yaitu kuat, tidak mudah pecah, ringan, tahan lama, dan permukaan halus, serta tahan terhadap berbagai bahan kimia ekstrim. Diameter untuk pipa lateral dan pipa mayor bervariasi dari 200 mm hingga 600 mm. Diameter pipa sistem penyaluran air buangan dari hulu ke hilir semakin besar sesuai dengan beban air buangan yang dibawa.

Kemudian langkah selanjutnya adalah menghitung diameter pipa.

Contoh perhitungan pada Pipa Lateral E.

Elevasi tanah titik awal ($H_{t_{awal}}$) = 25 m

Elevasi tanah titik akhir ($H_{t_{akhir}}$) = 26 m

Jika ditentukan kedalaman pipa ditanam di tanah sebesar 1 m, maka

Elevasi pipa titik awal ($H_{p_{awal}}$) = 24 m

Elevasi pipa titik akhir ($H_{p_{akhir}}$) = 25 m

Slope tanah

$$St = \frac{H_{t_{awal}} - H_{t_{akhir}}}{\text{Panjangsaluran}}$$

$$= \frac{25 \text{ m} - 26 \text{ m}}{325 \text{ m}}$$

$$= -0,003077 \text{ m/m}$$

Jika nilai slope tanah negatif atau mendekati nol, maka slope pipa harus ditentukan dengan menggunakan nilai dari tabel berikut.

Tabel 3
Slope Minimum untuk Saluran dengan Aliran Secara Gravitasi

| Diameter (mm) | Slope (m/m) | |
|---------------|-------------|-----------|
| | n = 0,013 | n = 0,015 |
| 200 | 0,0033 | 0,0044 |
| 250 | 0,0025 | 0,0033 |
| 300 | 0,0019 | 0,0026 |
| 375 | 0,0014 | 0,0019 |
| 450 | 0,0011 | 0,0015 |
| 525 | 0,0009 | 0,0012 |
| 600 | 0,0008 | 0,0010 |

*Berdasarkan persamaan Manning dengan kecepatan aliran minimum adalah 0,6 m/s

Sumber: Hammer dalam Rezagama (2014 : 68)

Namun, jika nilai *Self Cleaning Velocity* masih tidak memenuhi

persyaratan (0,6-3 meter/detik) maka perlu dilakukan *trial and error* (coba-coba) hingga memenuhi persyaratan. Nilai slope pipa yang terpilih setelah dilakukan *trial and error* adalah 0,0070 m/m. Perhitungan nilai diameter teoritis pipa menggunakan rumus Manning.

$$Q_{\text{peak}} = 0,00563 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$n = 0,013$$

$$D_{\text{teo}} = \left[\frac{Q_{\text{peak}} \cdot n}{0,312 \cdot S^{0,5}} \right]^{3/8}$$

$$= \left[\frac{0,00563 \cdot 0,013}{0,312 \cdot 0,0070^{0,5}} \right]^{3/8}$$

$$= 0,11 \text{ m}$$

$$D_{\text{pasaran}} = 0,16 \text{ m}$$

Hasil dari perhitungan didapatkandiameter adalah **0,16 m** atau **160 mm**.

Perhitungan *Self Cleaning Velocity*

Perhitungan *Self Cleaning Velocity* berfungsi sebagai pengecekan kondisi aliran perpipaan agar tidak terjadi pengendapan. Kecepatan aliran disyaratkan 0,6-3 m/dtk.

Contoh perhitungan pada Pipa Mayor 1.

$$n \text{ pipa} = 0,013$$

$$D \text{ pipa} = 0,16 \text{ meter}$$

$$\text{Slope} = 0,0070$$

$$V_{\text{full}} = \frac{D/4^{0,67} \times S^{0,5}}{n}$$

$$= \frac{0,16/4^{0,67} \times 0,0070^{0,5}}{0,013}$$

$$= 0,75 \text{ m/detik}$$

$$Q_{\text{full}} = A \times V_{\text{full}}$$

$$= \frac{1}{4} \pi D^2 \times V_{\text{full}}$$

$$= \frac{1}{4} \pi 0,16^2 \text{ m} \times 0,75$$

$$\text{m/detik}$$

$$= 0,0151 \text{ m}^3/\text{detik}$$

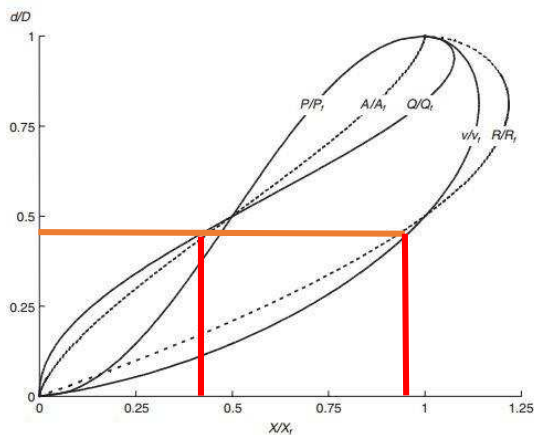
$$Q_{\text{peak}} = 0,00563 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\frac{Q_{\text{Peak}}}{Q_{\text{Full}}} = \frac{0,00563 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,0151 \text{ m}^3/\text{detik}}$$

$$= 0,37$$

$$= 0,37$$

Penentuan nilai d/D dan $V_{\text{peak}}/V_{\text{full}}$



diperoleh dari referensi gambar 3. yaitu Grafik Nilai Elemen Geometri dan Hidolika dalam Aliran Tidak Penuh.

Gambar 3.

Nilai Elemen Geometri dan Hidolika dalam Aliran Tidak Penuh

Sumber: Butler & Davies, 2004 : 152

Dari tabel diperoleh :

$$d/D = 0,40$$

$$V_{\text{peak}}/V_{\text{full}} = 0,950$$

Maka,

$$V_{\text{peak}} = \frac{V_{\text{Peak}}}{V_{\text{Full}}} \times V_{\text{Full}}$$

$$= 0,950 \times 0,75 \text{ m/detik}$$

$$= \mathbf{0,72 \text{ m/detik (memenuhi)}}$$

Kecepatan aliran pada kondisi puncak/peak (V_{peak}) harus berada dalam range kecepatan *self cleaning* yaitu 0,6 - 3 m/dtk sehingga air buangan yang mengalir dalam pipa diharapkan belum terjadi pembusukan dan bebas dari penyumbatan sehingga mudah dalam pemeliharaan. Jika lebih dari 3 m/dtk maka dibutuhkan

diameter yang lebih besar, dan jika kecepatan kurang dari 0,6 m/dtk maka dibutuhkan diameter yang lebih kecil.

Perhitungan Volume Galian Pipa

Dalam pelaksanaan pekerjaan, besarnya volume galian pipa dipengaruhi oleh faktor kemiringan saluran (*slope*), sehingga semakin besar *slope* semakin besar volume galian tanah dan hal ini akan menyebabkan biaya investasi semakin besar. Selain itu, dalam penentuan tinggi galian pipa harus diketahui beda tinggi/elevasi tanah dari tiap-tiap node pipa.

Berikut adalah rumus rumus yang digunakan dalam perhitungan volume galian pipa.

1. Kedalaman galian hingga bagian puncak pipa awal (B_1) (m).

$$B_1 = \text{Elevasi muka tanah awal} - \text{Elevasi puncak pipa awal}$$

$$B_1 = H_{\text{awal}} - H_{\text{p awal}}$$

2. Kedalaman galian hingga bagian puncak pipa akhir (B_2) (m).

$$B_2 = \text{Elevasi muka tanah akhir} - \text{Elevasi puncak pipa akhir}$$

$$B_2 = H_{\text{akhir}} - H_{\text{p akhir}}$$

3. Kedalaman gali awal (G_1) (m).

$$G_1 = B_1 + \text{diameter luar pipa (diameter dalam pipa + ketebalan pipa)}$$

4. Kedalaman gali akhir (G_2) (m).

$$G_2 = B_2 + \text{diameter luar pipa (diameter dalam pipa + ketebalan pipa)}$$

5. Perbedaan ketinggian antara galian awal dan galian akhir (dG) (m).

$$dG = G_1 - G_2$$

Jika $dG > 0$, maka $S_t > S_p$, artinya slope tanah lebih besar dari slope saluran sehingga dibutuhkan drop manhole apabila nilai $dG > 0,6$ m.

Jika $dG < 0$, maka $S_t < S_p$, artinya slope tanah lebih kecil dari slope saluran dan jika nilai dG mencapai -7 m akan dibutuhkan pemompaan.

Jika $dG = 0$, maka $S_t = S_p$, artinya slope tanah sama dengan slope saluran, kondisi inilah yang diinginkan.

6. Lebar galian (CG) (m).

$$LG = 1,5 \times \text{Diameter pipa} + 0,3$$

7. Volume galian (VG) (m^3).

$$VG = ((G1 + G2) \times LG \times L_{\text{pipa}}) / 2$$

Contoh perhitungan pada Pipa Lateral A titik A1 ke A2

Diameter pipa = 0,16 meter

Panjang Pipa = 89 meter

1. Kedalaman galian hingga bagian puncak pipa awal (B_1) (m).

$B_1 = \text{Elevasi muka tanah awal} - \text{Elevasi puncak pipa awal}$

$$= 25 \text{ meter} - 24 \text{ meter} = 1 \text{ meter}$$

2. Kedalaman galian hingga bagian puncak pipa akhir (B_2) (m).

$B_2 = \text{Elevasi muka tanah akhir} - \text{Elevasi puncak pipa akhir}$

$$= 25 \text{ meter} - 23,38 \text{ meter} = 1,62 \text{ meter}$$

3. Kedalaman galian di hulu (G_1) (m).

$$G_1 = B_1 + \text{diameter luar pipa}$$

$$G_1 = 1 + (0,16 + 0,006) = 1,2 \text{ m}$$

4. Kedalaman galian di hilir (G_2) (m).

$$G_2 = B_2 + \text{diameter luar pipa}$$

$$G_2 = 1,62 + (0,16 + 0,006) = 1,8 \text{ m}$$

5. Perbedaan ketinggian antara galian awal dan galian akhir (dG) (m).

$$dG = G_1 - G_2$$

$$dG = 1,2 \text{ meter} - 1,9 \text{ meter} = -0,6 \text{ m}$$

- Jika $dG > 0$, maka $S_t > S_p$, artinya slope tanah lebih besar dari slope saluran sehingga dibutuhkan drop manhole apabila nilai $dG > 0,6 \text{ m}$.
- Jika $dG < 0$, maka $S_t < S_p$, artinya slope tanah lebih kecil dari slope saluran dan jika nilai dG mencapai -7 m akan dibutuhkan pemompaan.

- Jika $dG = 0$, maka $S_t = S_p$, artinya slope tanah sama dengan slope saluran, kondisi inilah yang diinginkan.

6. Lebar galian (LG) (m).

$$LG = (1,5 \times \text{Diameter Pipa}) + 0,3 \text{ (meter)}$$

$$= (1,5 \times 0,16) + 0,3 = 0,5 \text{ m}$$

7. Volume galian (VG) (m^3).

$$VG = \frac{((G1 - G2) \times LG \times L)}{2}$$
$$= \frac{(1,2 - 1,8) \times 0,5 \times 89}{2}$$
$$= 71 \text{ m}^3$$

Penentuan dan Perhitungan Bangunan Pelengkap Pompa

Pemompaan hanya diperlukan jika perbedaan elevasi tidak memungkinkan untuk melakukan pengaliran secara gravitasi karena galian tanah yang dibutuhkan sangat dalam (lebih dari 7 m). Dalam perencanaan ini terdapat penggalian tanah dengan kedalaman lebih dari 7 meter, sehingga dibutuhkan pemompaan.

Contoh Perhitungan pompa pada titik B2 ke titik D1 pada jalur Pipa Mayor D.

Panjang Pipa (L_{pipa}) = 3 meter

Diameter pipa (D_{pipa}) = 200 mm (0,200 m)

Debit pemompaan (Q_{ab}) = 0,0119 m^3 /detik (1.028 m^3 /hari)

Jenis pipa = PVC (Nilai C = 140 – 150; diambil 150)

Berat jenis air buangan = 1,2 x 9,774

Kilo.Newton/ m^3

Jumlah Bend 90° = 4 buah

Langkah 1: Perhitungan kecepatan aliran air dalam pipa

$$Q = v_{\text{pipa}} \times A_{\text{pipa}}$$

$$0,0119 \text{ m}^3/\text{detik} = (v_{\text{hisap}} \text{ m/detik}) \times \left[\frac{(\pi) \cdot (0,200 \text{ m})^2}{4} \right]$$

$$v_{\text{pipa}} = 0,378 \text{ m/detik}$$

Langkah 2: *Headloss mayor* dengan persamaan *Hazen-Williams*

$$HL_{\text{mayor}} = \left(\frac{151 \times Q}{C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times \left(\frac{L}{1.000} \right)$$

$$HL_{\text{mayor}} = \left(\frac{(151) \cdot (0,0119 \text{ m}^3/\text{detik})}{(150) \cdot (0,200 \text{ m})^{2,63}} \right)^{1,85} \times \left(\frac{3 \text{ m}}{1.000} \right)$$

$$HL_{\text{mayor}} = 0,002104 \text{ meter} \approx 0,0021 \text{ meter}$$

Langkah 3: Perhitungan *headloss Bend 90°* (4 buah)

$$\Delta h = 4 \times \left[K \times \left(\frac{v_{\text{pipa}}^2}{2 \cdot g} \right) \right]$$

$$\Delta h = 4 \times \left[0,33 \times \left(\frac{(0,378 \text{ m/detik})^2}{(2) \cdot (9,81 \text{ m/detik}^2)} \right) \right]$$

$$\Delta h = 0,0096 \text{ meter}$$

Langkah 4: Perhitungan *headloss total*

$$H_{\text{Ltotal}} = H_{\text{Lmayor}} + \Delta h_{\text{Bend90°}}$$

$$H_{\text{Ltotal}} = (0,0021 + 0,0096) \text{ meter}$$

$$H_{\text{Ltotal}} = 0,01171 \text{ meter}$$

Langkah 5: Perhitungan *head total pompa*

Diketahui

Beda tinggi pemompaan $(Z_2 - Z_1) = 5 \text{ meter}$

P_1 biasanya negatif, diasumsikan
 $= 0$

$P_2 = 0$ (tekanan keluaran ke atmosfer)

Headloss (H_L) = 0,0117 meter

Total *head* pompa dinamis adalah:

$$\left(\frac{v^2}{2 \cdot g} \right) + \left(\frac{P_1}{\gamma} \right) + Z_1 + H_{\text{pompa}} = \left(\frac{v^2}{2 \cdot g} \right) + \left(\frac{P_2}{\gamma} \right) + Z_2 + H_L$$

$$H_{\text{pompa}} = \Delta Z + H_L$$

$$H_{\text{pompa}} = 5 \text{ meter} + 0,0117 \text{ meter}$$

$$H_{\text{pompa}} = 5,0117 \text{ meter (head pompa minimal)}$$

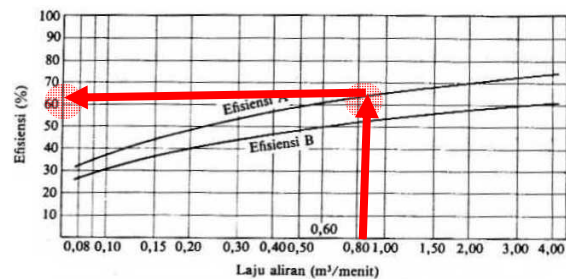
Langkah 6: Perhitungan daya hidraulik pompa

Debit pemompaan = 0,0119 m³/detik
 (42,84 m³/jam)

Di pasaran debit pompa yang tersedia adalah 50 m³/jam (0,83 m³/menit)

A = Faktor jenis motor listrik (0,1 – 0,2)

Efisiensi pompa (η) = 63% (0,63)



Gambar 4.

Grafik Efisiensi Pompa Ukuran Kecil

Sumber: Noerbambang dan Morimura (2000)

$$P_{\text{Keluaran}} = 0,163 \cdot \gamma \cdot Q \cdot H_{\text{pompa}}$$

$$P_{\text{Keluaran}} = (0,163) \cdot (11,728 \text{ KN}) \cdot (0,833 \text{ m}^3/\text{menit}) \cdot (5,0117 \text{ meter})$$

$$P_{\text{Keluaran}} = 7,98 \text{ Kilowatt}$$

$$P_{\text{Keluaran}} = 7,98 \text{ Kilowatt} \times \frac{1,34 \text{ HP}}{1 \text{ Kilowatt}}$$

$$P_{\text{Keluaran}} = 10,69488 \text{ HP} \approx 10,7 \text{ HP}$$

Langkah 7 : Perhitungan daya motor pompa

$$N_{\text{Motor}} = \frac{P_{\text{Keluaran}} \times (1 + A)}{(\eta_{\text{Pompa}} \times \eta_{\text{motor}})}$$

$$N_{\text{Motor}} = \frac{7,98 \text{ Kilowatt} \times (1 + 0,2)}{(0,63 \times 1)}$$

$$N_{\text{Motor}} = 15,2 \text{ Kilowatt}$$

Jadi, daya pompa minimum adalah 15,2 Kilowatt (15.200 watt).

Spesifikasi pompa yang digunakan :

Model : CPS15-80 Non-clogging
 Submersible Pump

Daya : 15 kW

Head Maks : 45 meter
 Debit : 50 meter³/jam

Dalam Rencana Teknis ini, terdapat tiga titik stasiun pompa yaitu pada titik B2 pada pertemuan pipa mayor B yang telah

| Diameter Saluran (mm) | Jarak (m) |
|-----------------------|-----------|
| < 200 | 50 - 100 |
| 200 - 500 | 100 - 125 |
| 500 - 1.000 | 125 - 150 |
| 1.000 - 2.000 | 150 - 200 |
| > 2.000 | 200 |

dicontohkan perhitungannya di atas, titik F1 pada pipa mayor F, dan titik N15 pada pipa lateral N.

Manhole dan Drop Manhole

Jarak antar Manhole pada perencanaan ini disesuaikan dengan referensi yang tercantum dalam tabel

Tabel 4.
Jarak Manhole Berdasarkan Diameter Saluran

Sumber : Hadjosuprpto (2000 : 84)

Manhole juga ditempatkan pada setiap perubahan kemiringan pipa, diameter pipa dan perubahan arah aliran, baik vertikal maupun yang horizontal serta setiap pertemuan/percabangan saluran.

Manhole yang digunakan dalam perencanaan ini adalah manhole precast dengan spesifikasi beton K250 dengan varian diameter 300 mm, 400 mm, dan 500 mm. Jumlah total manhole precast yang direncanakan adalah 214 buah.

Drop Manhole pada perencanaan ini diperlukan untuk mencegah pipa keluar dari tanah karena perbedaan elevasi yang lebih tinggi daripada slope yang direncanakan. Titik Drop Manhole terdapat di G5 dan G8 pada pipa lateral G serta I2 pada pipa lateral I. Selengkapnya dapat dilihat gambar 8 dan 10 pada lampiran B.

Rencana Anggaran Biaya

Rekapitulasi perhitungan rencana anggaran biaya pembangunan sistem

penyaluran air buangan sistem terpusat Kabupaten Kudus dapat dilihat pada tabel 5. di bawah ini.

Tabel 5.
Jarak Manhole Berdasarkan Diameter Saluran

| NO. | URAIAN | BIAYA |
|-------------------|---|------------------------------|
| 1. | Pekerjaan Persiapan | Rp. 5.400.000,00 |
| 2. | Pekerjaan Galian Tanah | Rp. 4.754.300.440,00 |
| 3. | Pekerjaan Pengadaan dan Pemasangan Pipa | Rp. 9.263.281.249,00 |
| 4. | Pekerjaan Pengadaan Pompa dan Rumah Pompa | Rp. 1.046.000.000,00 |
| 5. | Pekerjaan Manhole Precast | Rp. 187.000.000,00 |
| 6. | Pekerjaan <i>Microtunneling</i> | Rp. 23.398.000.000,00 |
| Jumlah | | Rp. 38.654.781.689,50 |
| PPn 10% | | Rp. 3.865.478.168,95 |
| Total | | Rp. 42.520.259.858,45 |
| Pembulatan | | Rp. 42.520.000.000,00 |

Sumber : Analisis Penulis (2015)

KESIMPULAN

Dalam perencanaan sistem penyaluran air buangan domestik Kabupaten Kudus dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem yang diterapkan dalam perencanaan penyaluran air buangan adalah sistem konvensional. Luas daerah pelayanan adalah 7,7 km² dan sistem ini akan melayani 71.481 jiwa atau 6,34% dari total penduduk Kabupaten Kudus pada akhir tahun perencanaan yaitu tahun 2034. Tingkat pelayanan mencapai 100% untuk penduduk yang berada di daerah pelayanan. Panjang total pipa utama adalah 6,9 kilometer dengan diameter 160 hingga 500 milimeter. Kemudian jenis pipa yang direncanakan adalah pipa PVC khusus air limbah.
2. Total rencana anggaran biaya terhitung dari perencanaan ini adalah sejumlah **Rp 42.520.000.000,00**.

SARAN

Saran yang dapat penulis berikan adalah penyusunan dokumen rencana induk perlu dibuat dengan data yang lebih komprehensif, agar tidak ada perubahan desain dalam penyusunan rencana detail.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmasetiawan, Martin. 2004. *Sarana Sanitasi Perkotaan*. Jakarta: Ekamitra Engineering.
- Departemen Pemukiman Prasarana dan Wilayah. 2003. *Pedoman Pengelolaan Air Limbah Perkotaan*
- Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman Kementerian Pekerjaan Umum. 2011. *Materi Bidang Air Limbah*.
- Hardjosuprpto, Masduki. 2000. *Penyaluran Air Buangan volume II*. Bandung: ITB
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*.
- Mara, Duncan. 2004. *Domestic Wastewater System in Developing Countries*. USA: Earthscan.
- Metcalf & Eddy. 2004. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. Singapore: McGraw Hill.
- Metcalf & Eddy. 1981. *Wastewater Engineering: Collection and Pumping of Wastewater*. New York: McGraw Hill.
- Rezagama, Arya. 2014. *Buku Ajar Penyaluran Air Buangan*. Semarang: Jurusan Teknik Lingkungan Undip.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: UI Press.
- Qasim, Syed R. 1985. *Wastewater Treatment Plant (Planning, Design, and Operation)*. CBS College Publishing. USA.