

THE DEVELOPMENT PLAN OF A CENTRALIZED DOMESTIC WASTEWATER SEWERAGE SYSTEM NETWORK IN THE SOUTH AREA OF SURAKARTA

Aprillia Bunga Firdaus*, Arqowi Pribadi, Sulistiya Nengse,
Teguh Taruna Utama dan Widya Nilandita
Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya
Jl. A. Yani No. 117 Surabaya, 60237, Indonesia

*E-mail corresponding author: aprilfirdaus17@gmail.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Article history:</i> Received: 06-08-2020 Received in revised form: 19-10-2020 Accepted: 20-10-2020 Published: 21-10-2020</p> <hr/> <p><i>Keywords:</i> Wastewater Sewerage System Centralized Sanitation South Pipeline Area Surakarta City</p>	<p><i>Surakarta is the first city and became a pilot city in Indonesia for the implementation of a centralized sanitation system (off-site system). From the evaluation results, it is known that Surakarta City's centralized sanitation service coverage for the southern route still reaches 21.99%. So, it is necessary to optimize and develop a centralized sanitation pipeline network (off-site system). Based on these conditions, the development plan of a centralized domestic wastewater sewerage system network in the south pipeline area of Surakarta will be planned to install lateral pipes and house connections (SR). The planning stage contains the process of studying literature and data analysis after obtaining primary data and secondary data. The data analysis includes planning the network development and budget planning required. The development plan of a centralized domestic wastewater sewerage system network (SPALD-T) in the south pipeline area of Surakarta using the gravity system. The topography of the south pipeline area of Surakarta City is relatively flat with elevations ranging from 90-110 meters and adjusting to existing secondary and primary pipelines. Total new house connections (SR) is 175 SR divided into 5 village districts. The dimensions of the pipe used are 100 mm for SR pipes and 150 mm for lateral pipes and have a self-cleaning velocity of <math><0.6\text{ m / sec}</math> and excavation depth <math><3\text{ meters}</math>. The total budget plan for this development plan is $\pm\text{Rp. }2,387,100,000.00</math>.$</i></p>

PERENCANAAN PENGEMBANGAN JARINGAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK TERPUSAT (SPALD-T) JALUR SELATAN KOTA SURAKARTA

Abstrak- Surakarta merupakan kota pertama dan menjadi kota percontohan di Indonesia untuk penerapan sistem sanitasi terpusat (off-site system). Dari hasil evaluasi yang telah dilakukan, diketahui bahwa cakupan pelayanan sanitasi terpusat Kota Surakarta untuk jalur selatan masih mencapai angka 21,99% sehingga perlu dilakukan optimalisasi dan atau pengembangan jaringan perpipaan sanitasi terpusat (*off-site system*). Berdasarkan kondisi tersebut, perencanaan pengembangan jaringan sistem penyaluran air limbah domestik terpusat Kota Surakarta jalur selatan akan direncanakan pemasangan pipa lateral dan sambungan rumah (SR). Tahapan perencanaan berisikan proses studi literatur dan analisis data yang dilakukan setelah mendapatkan data primer dan data sekunder. Analisis data yang dilakukan meliputi perencanaan pengembangan jaringan dan rencana anggaran biaya yang diperlukan. Perencanaan pengembangan jaringan sistem penyaluran air limbah domestik terpusat (SPALD-T) jalur selatan Kota Surakarta menggunakan sistem gravitasi. Topografi wilayah jalur selatan Kota Surakarta relatif datar dengan elevasi berkisar antara 90 – 110 meter dan menyesuaikan dengan jaringan pipa sekunder maupun primer eksisting. Total sambungan rumah (SR) baru adalah sebanyak 175 SR yang terbagi atas 5 kelurahan. Dimensi pipa yang digunakan adalah sebesar 100 mm untuk pipa SR dan 150 mm untuk pipa lateral serta memiliki kecepatan

swa bersih perhitungan <0,6 m/dt dan kedalaman galian <3meter. Total rencana anggaran biaya pada perencanaan ini adalah sebesar ± Rp 2.387.100.000,00.

Kata kunci: Sistem Penyaluran Air Limbah, Sanitasi Terpusat, Jalur Selatan, Kota Surakarta.

PENDAHULUAN

Menurut Chapin (1995), transportasi, air bersih dan saluran pembuangan merupakan tiga prasarana kota yang sangat berpengaruh bagi perkembangan kota. Ketiga prasarana tersebut akan menunjukkan bahwa pembangunan suatu kota akan berjalan sesuai rencana dari kota tersebut (Susanthi et al., 2018). Program pembangunan yang bersih dan sehat terus dilakukan guna meningkatkan kualitas lingkungan. Pemerintah melalui program Tujuan Pembangunan Berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (TPB/SDGs) menunjukkan komitmen dan kepeduliannya terhadap upaya peningkatan akses sanitasi layak. Kemajuan dari upaya tersebut ditunjukkan dalam empat tahun terakhir ini dengan tingkat capaian akses air limbah domestik pada tahun 2018 adalah sebesar 74,58% akses layak, 16,07% akses belum layak dan 9,36% Buang Air Besar Sembarangan (BABS). Meskipun setiap tahunnya mengalami peningkatan, akan tetapi masih terdapat 67 juta jiwa penduduk Indonesia yang belum terlayani akses sanitasi layak (Badan Pusat Statistik, 2019).

Di Indonesia, daerah pertama sekaligus percontohan sistem sanitasi terpusat (*off-site system*) adalah Kota Surakarta atau biasa yang dikenal dengan Kota Solo. Sistem sanitasi terpusat ini dikelola oleh Perumda Air Minum Kota Surakarta sejak 19 Juli 1999. Untuk jaringan perpipaan air limbah domestik sudah dibuat sejak jaman Belanda pada tahun 1940. Cakupan pelayanan sarana jaringan perpipaan air limbah rumah tangga terpusat (*off-site*) Kota Surakarta terbagi atas wilayah utara, tengah dan selatan. Wilayah utara dilayani oleh IPAL Mojosongo dengan kapasitas pengolahan sebesar 50 L/dt, wilayah tengah dilayani oleh IPAL Pucangsawit dengan kapasitas pengolahan sebesar 45 L/dt dan wilayah selatan dilayani oleh IPAL Semanggi dengan kapasitas pengolahan terbesar yaitu 60 L/dt (Firdaus, 2019). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 2 Tahun 2018 Tentang Standar Pelayanan Minimal, tingkat pelayanan minimal yang disyaratkan adalah sebesar 65% untuk SPALD-S terkelola dan 5% untuk SPALD-T. Sedangkan pembagian standar pelayanan minimal yang ditetapkan oleh Pemerintah Kota Surakarta, tingkat pelayanan minimal yang disyaratkan adalah sebesar 70% untuk SPALD-S dan 30% untuk SPALD-T.

Kepadatan penduduk Kota Surakarta saat ini relatif tinggi dengan laju pertumbuhan penduduk

per-tahun mulai 2010-2018 adalah 0,435% serta kepadatan penduduk mencapai 11.718,78 jiwa/km² (Badan Pusat Statistik Kota Surakarta, 2018). Dari hasil evaluasi yang telah dilakukan oleh (Firdaus, 2019), diketahui bahwa cakupan pelayanan sanitasi terpusat Kota Surakarta untuk jalur selatan masih mencapai angka 21,99% sehingga perlu dilakukan optimalisasi dan atau pengembangan jaringan perpipaan sanitasi terpusat (*off-site system*) dikarenakan tingkat kepadatan penduduk yang relatif tinggi dan berpotensi untuk dikembangkan agar masyarakat Kota Surakarta dapat terlayani sepenuhnya.

Berdasarkan kondisi tersebut, perencanaan pengembangan jaringan sistem penyaluran air limbah domestik terpusat Kota Surakarta jalur selatan akan direncanakan pemasangan pipa lateral dan sambungan rumah (SR). Lokasi pemasangan jaringan perpipaan berada di wilayah jalur selatan yang belum terlayani serta masih terjangkau oleh pipa primer dan sekunder eksisting. Perencanaan pengembangan jaringan sistem penyaluran air limbah domestik ini merupakan suatu proyek percontohan untuk pembangunan kawasan pemukiman yang bersih dan sehat dalam upaya memenuhi sasaran program Tujuan Pembangunan Berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (TPB/SDGs).

METODE PERENCANAAN

Metode adalah cara atau prosedur yang akan dilakukan dalam mencapai suatu tujuan dari suatu penelitian atau perencanaan. Dalam perencanaan ini berisi tahapan-tahapan yang saling terkait, dimulai dari tahapan persiapan, pelaksanaan, dan penyusunan laporan. Tahapan-tahapan tersebut berisikan proses studi literatur dan analisis data yang bersifat kontinyu. Pada tahapan analisis dan pengolahan data dilakukan setelah mendapatkan data primer dan data sekunder. Untuk analisis data yang dilakukan meliputi perencanaan pengembangan jaringan dan rencana anggaran biaya yang diperlukan.

Lokasi perencanaan pengembangan jaringan perpipaan air limbah ini berada di wilayah administratif Kota Surakarta. Lokasi perencanaan pengembangan jaringan terpilih berada di tiga kecamatan antara lain:

1. Kecamatan Laweyan: Kelurahan Karangasem
2. Kecamatan Pasar Kliwon: Kelurahan Sangkrah dan Kelurahan Gajahan

3. Kecamatan Banjarsari: Kelurahan Mangkubumen dan Kelurahan Ketelan
Sedangkan untuk data yang diperoleh antara

lain:

1. Jumlah sambungan rumah (SR) baru
2. Jalur pipa lateral dan SR
3. Elevasi tanah
4. Harga Satuan Pokok Kegiatan Kota Surakarta 2020

Selanjutnya, analisis data yang akan dilakukan meliputi:

1. Perhitungan debit air limbah rata-rata yang dihasilkan (60-80%) dari pemakaian air bersih
2. Perhitungan debit total air limbah
3. Penentuan dimensi atau diameter pipa
4. Perhitungan kecepatan swa bersih (*self cleaning velocity*)
5. Penentuan kedalaman galian penanaman pipa berdasarkan topografi
6. Merencanakan anggaran biaya yang diperlukan dalam perencanaan pengembangan jaringan perpipaan air limbah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Wilayah Perencanaan

Kota Surakarta atau yang biasa dikenal dengan Kota Solo merupakan salah satu kota besar di Jawa Tengah yang memiliki luas wilayah 44,04 km². Jumlah penduduk Kota Surakarta mencapai 511.887 yang terbagi menjadi 5 kecamatan (Laweyan, Serengan, Pasar Kliwon, Jebres, dan Banjarsari). Memiliki 54 kelurahan dengan jumlah RW tercatat sebanyak 626 dan RT sebanyak 2.786 serta jumlah KK sebanyak 183.544 KK. Rata-rata jumlah KK setiap RT ± 66 KK. Dengan kepadatan penduduk mencapai 11.759,31 jiwa/km². Sebagian besar lahan di Kota Surakarta digunakan sebagai pemukiman dengan persentase sebesar 66% serta kegiatan ekonomi dengan persentase 17% dari total luas lahan yang ada (Badan Pusat Statistik Kota Surakarta, 2019). Persentase total cakupan pelayanan pengelolaan limbah domestik Kota Surakarta saat ini sudah mencapai 91,94% dengan rincian:

1. SPALD-T sebesar 15,96%

2. SPALD-S sebesar 75,98%
3. Belum terlayani sebesar 8,06% (Perumda Air Minum Kota Surakarta, 2019)

Analisis Wilayah Perencanaan dan Jumlah Sambungan Rumah

Analisis wilayah perencanaan didasarkan pada survey atau pengukuran langsung di lapangan. Selanjutnya, hasil dari survey atau pengukuran lapangan tersebut akan digunakan sebagai dasar perhitungan dalam perencanaan pengembangan jaringan perpipaan air limbah. Kondisi fisik wilayah perencanaan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang merupakan komponen penting dalam perencanaan sistem penyaluran air limbah domestik terpusat seperti topografi dan curah hujan. Topografi sangat berpengaruh pada pengaliran air limbah, sedangkan curah hujan akan berpengaruh terhadap debit infiltrasi yang masuk dalam jaringan perpipaan yang kemudian mempengaruhi debit air limbah dan dimensi pipa. Selain itu, perlu juga disesuaikan dengan jaringan perpipaan eksisting dikarenakan perencanaan pengembangan yang akan dilakukan meliputi pemasangan jaringan pipa sambungan rumah dan pipa lateral.

Berdasarkan hasil identifikasi yang telah dilakukan, diketahui bahwa topografi Kota Surakarta relatif datar dengan elevasi berkisar antara 80 – 110 meter. Sedangkan untuk wilayah jalur selatan terletak pada elevasi 90 – 110 meter. Hasil akhir dari penyaluran air limbah akan bermuara pada IPAL Semanggi yang berlokasi di Kelurahan Semanggi, Kecamatan Pasar Kliwon yang memiliki elevasi terendah yaitu ± 90 meter. Selanjutnya, curah hujan rata-rata Kota Surakarta pada tahun 2018 adalah sebesar 16,75 mm/hari hujan atau sekitar 2.797 mm/tahun dengan jumlah hari hujan sebanyak 167. Rencana jumlah sambungan rumah yang akan dipasang didasarkan pada data Daftar Calon Penerima Manfaat Program SR Sanitasi Perumda Air Minum Kota Surakarta tahun 2020. Data tersebut didapatkan dari hasil pengajuan program SR yang dilakukan masyarakat Kota Surakarta Kepada Perumda Air Minum Kota Surakarta. Lebih jelas dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Daftar Calon Penerima Manfaat Program SR Sanitasi Perumda Air Minum Kota Surakarta Tahun 2020

No	Kelurahan	Kecamatan	Jumlah SR
1	Mangkubumen	Banjarsari	30
2	Sangkrah	Pasar Kliwon	3
3	Gajahan	Pasar Kliwon	3
4	Ketelan	Banjarsari	109
5	Karangasem	Laweyan	30
Jumlah			175

Pembagian Zona dan Jalur Pipa Perencanaan

Perencanaan pengembangan jaringan air limbah domestik terpusat (SPALD-T) jalur selatan Kota Surakarta terbagi atas beberapa zona. Pembagian zona-zona tersebut ditetapkan

berdasarkan pertimbangan batas administrasi, penyesuaian terhadap jalur pipa eksisting, serta terdapat pada satu jalur/jalan yang sama. Selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Pembagian Zona dan Jalur Pipa

Lajur	Manhole		Jenis Pipa	Panjang Jalur (m)	Luas Area (ha)	Jumlah Orang (jiwa)	Elevasi Tanah (meter)
	dari	ke					
ZONA 1 A (KELURAHAN KARANGASEM, JALAN GAYAM)							
1	1	2	Lateral	50	0,2255	60	105,201
2	2	3	Lateral	49	0,4346	110	106,000
ZONA 1B (KELURAHAN KARANGASEM, JALAN CERMAI IB)							
1	1	2	Lateral	50	0,2212	30	105,000
2	2	3	Lateral	50	0,4277	60	104,971
3	3	4	Lateral	45	0,6096	80	105,000
ZONA 1B (KELURAHAN KARANGASEM, JALAN CERMAI I)							
1	1	2	Lateral	50	0,2613	15	104,689
2	2	3	Lateral	50	0,5706	30	105,000
3	3	4	Lateral	45	0,8717	40	105,865
ZONA 1C (KELURAHAN KARANGASEM, JALAN MELON)							
1	1	2	Lateral	50	0,1861	30	109,000
2	2	3	Lateral	50	0,348	50	108,855
3	3	4	Lateral	50	0,5187	75	109,000
4	4	5	Lateral	40	0,7085	105	108,000
Lajur	Manhole		Jenis Pipa	Panjang Jalur (m)	Luas Area (ha)	Jumlah Orang (jiwa)	Elevasi Tanah (meter)
	dari	ke					
ZONA 2 (KELURAHAN GAJAHAN, JALAN MAHESOSURO VII)							
1	1	2	Lateral	50	0,2475	60	90,439
2	2	3	Lateral	25	0,1073	90	90,869
ZONA 3 (KELURAHAN SANGKRAH, JALAN UNTUNG SURAPATI)							
1	1	2	Lateral	50	0,2818	50	89,000
2	2	3	Lateral	25	0,3613	70	89,000
ZONA 4 (KELURAHAN MANGKUBUMEN, JALAN KANA I)							
1	1	2	Lateral	50	0,2809	25	96,000
2	2	3	Lateral	33	0,445	45	96,22
ZONA 4 (KELURAHAN MANGKUBUMEN, JALAN KANA I)							
1	1	2	Lateral	50	0,3014	40	94,000
2	2	3	Lateral	50	0,6141	80	94,000
3	3	4	Lateral	40	0,8263	105	94,386
ZONA 5A (KELURAHAN KETELAN, JALAN BATAM I)							
1	1	2	Lateral	50	0,3644	50	92,105
2	2	3	Lateral	35	0,6339	90	92,075
ZONA 5B (KELURAHAN KETELAN, JALAN BATAM III)							
1	1	2	Lateral	42,5	0,1965	30	93,392
2	3	4	Lateral	50	0,2455	40	93,252
3	4	2	Lateral	40	0,3735	60	93,019
4	2	5	Lateral	67	0,902	140	93,000
ZONA 5C (KELURAHAN KETELAN, JALAN SUMATRA I)							
1	1	2	Lateral	50	0,3657	45	91,144
2	2	3	Lateral	30	0,5349	70	90,000
ZONA 5D (KELURAHAN KETELAN, JALAN JAGERAN)							
1	1	2	Lateral	50	0,3713	60	92
2	2	3	Lateral	30	0,8194	100	91,637
ZONA 5E (KELURAHAN KETELAN, JALAN SUMATRA V)							
1	1	2	Lateral	50	0,2893	65	91,681
2	2	3	Lateral	60	0,5601	155	91

$$Q_{\text{jam puncak}} = 0,2164 \frac{\text{L}}{\text{dt}} \times 1,7$$

$$Q_{\text{jam puncak}} = 0,3679 \text{ L/dt}$$

Perhitungan Debit Air Limbah

Penentuan dimensi jaringan perpipaan sangat dipengaruhi oleh besarnya debit air limbah yang dihasilkan. Selain itu, debit total air limbah juga dipengaruhi oleh debit infiltrasi pada puncak musim kering dan musim basah. Pada perhitungan sebelumnya, diketahui debit air bersih pada saat jam puncak adalah sebesar 0,3679 L/t, maka perhitungan debit air limbahnya adalah sebagai berikut. Contoh perhitungan pipa lateral nomor 2 pada jaringan pipa zona 1A Kelurahan Karangasem.

1. Debit Air Limbah Rata-Rata (Q_{abr})
Debit air limbah rata-rata dihitung berdasarkan debit air bersih total pada saat jam puncak. Maka:
Debit jam puncak ($Q_{\text{jam puncak}}$) = 0,3679 L/dt
Faktor air buangan rata-rata (F_{abr}) = 60% - 80% (digunakan 60%)
Perhitungan:
 $Q_{\text{abr}} = Q_{\text{jam puncak}} \times F_{\text{abr}}$
 $Q_{\text{abr}} = 0,3679 \text{ L/dt} \times 60\%$
 $Q_{\text{abr}} = 0,2208 \text{ L/dt}$

2. Debit Minimum Air Limbah ($Q_{\text{ab min}}$)
Debit air limbah rata-rata (Q_{abr}) = 0,2208 L/dt
Faktor air buangan minimum ($F_{\text{ab min}}$) = 60%
Perhitungan:
 $Q_{\text{ab min}} = Q_{\text{abr}} \times F_{\text{ab min}}$
 $Q_{\text{ab min}} = 0,2208 \frac{\text{L}}{\text{dt}} \times 60\%$
 $Q_{\text{ab min}} = 0,1325 \text{ L/dt}$

3. Debit Puncak Air Limbah ($Q_{\text{ab Peak}}$)
Besarnya debit puncak banyak dipengaruhi oleh debit infiltrasi dan inflow. Pada musim kemarau, curah hujan dan jumlah air tanah sangat kecil. Oleh karena itu, debit puncak diklasifikasikan menjadi 2, yaitu debit puncak kering ($Q_{\text{ab peak}}$) dan debit puncak saat musim basah ($Q_{\text{infiltrasi}}$).
Berdasarkan grafik Nilai Faktor Puncak Alir Buangan, untuk aliran air limbah rata-rata, debit air limbah rata-rata Kota Surakarta pada pipa nomor 2 zona 1A Kelurahan Karangasem adalah 0,2208 L/dt (0,0002 m³/dt) mempunyai nilai faktor puncak (f_{peak}) sebesar 4. Besarnya debit puncak kering ($Q_{\text{ab peak}}$) adalah:
Debit air limbah rata-rata (Q_{abr}) = 0,2208 L/dt
Faktor puncak air buangan ($F_{\text{peak abr}}$) = 4
Perhitungan:
 $Q_{\text{ab peak}} = Q_{\text{abr}} \times F_{\text{peak abr}}$
 $Q_{\text{ab peak}} = 0,2208 \text{ L/dt} \times 4$

$$Q_{\text{ab peak}} = 0,8831 \text{ L/dt}$$

Sedangkan untuk menghitung debit inflow/infiltrasi didasarkan pada luas wilayah. Berdasarkan grafik Nilai Infiltrasi Puncak Saluran Pembuangan, didapatkan nilai faktor puncak infiltrasinya adalah sebesar 17 m³/ha-hari.

$$\text{Luas wilayah (A)} = 0,4346 \text{ ha}$$

$$F_{\text{peak infiltrasi}} = 17 \text{ m}^3/\text{ha-hari}$$

Perhitungan:

$$Q_{\text{infiltrasi peak}} = A \times F_{\text{peak inf}}$$

$$= 0,4346 \text{ ha} \times 17 \frac{\text{m}^3/\text{ha-hari}}{86.400 \text{ dt/hari} \times 1 \text{ m}^3/1.000}$$

$$L = 0,0855 \text{ L/dt}$$

4. Debit Total Air Limbah (Q_{total})
Debit puncak kering air limbah ($Q_{\text{ab peak}}$) = 0,8831 L/dt
Debit puncak infiltrasi ($Q_{\text{infiltrasi peak}}$) = 0,0855 L/dt
Perhitungan:
 $Q_{\text{total}} = Q_{\text{ab peak}} + Q_{\text{infiltrasi peak}}$
 $Q_{\text{total}} = 0,8831 \text{ L/dt} + 0,0855 \text{ L/dt}$
 $Q_{\text{total}} = 0,9686 \text{ L/dt}$

Perhitungan Dimensi Pipa dan *Self Cleaning Velocity*

Penentuan perhitungan kecepatan swa bersih (*self cleaning velocity*) bertujuan untuk mengecek kondisi pipa terhadap kontrol endapan (Utama, 2010). Kecepatan aliran yang diperbolehkan adalah sebesar 0,6 – 3 m/dt. Jika kecepatan aliran kurang dari 0,6 m/dt, maka diameter pipa harus diperkecil, sedangkan jika kecepatan aliran lebih dari 3 m/dt, maka diameter pipa harus diperbesar. Berikut adalah contoh perhitungan dimensi pipa dan kecepatan swa bersih pada pipa lateral nomor 2 zona 1A, Kelurahan Karangasem.

1. Perhitungan Nilai Q_{full}
Berdasarkan Tabel Nilai Sebanding dan Sebagian Penuh Pengoperasian Pipa dengan Kecepatan dan Pembuangan, diasumsikan nilai awal d/D sebesar 0,6 dengan perbandingan nilai $Q_{\text{peak}}/Q_{\text{full}}$ sebesar 0,6718.
Debit total air limbah (Q_{total}) = 0,9686 L/dt = 0,0010 m³/dt
Nilai $Q_{\text{peak}}/Q_{\text{full}} = 0,6718$
Perhitungan:
 $Q_{\text{full}} = Q_{\text{total}} \frac{Q_{\text{peak}}}{Q_{\text{full}}}$
 $Q_{\text{full}} = \frac{0,0010 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{dt}}\right)}{0,6718}$
 $Q_{\text{full}} = 0,0014 \text{ m}^3/\text{dt}$

2. Perhitungan Dimensi Pipa (D_{pipa})

Pipa yang digunakan adalah jenis pipa PVC dengan koefisien kekasaran manning (n) 0,015. Sedangkan untuk nilai slope minimum yang digunakan adalah 0,006.

Nilai $Q_{full} = 0,0014 \text{ m}^3/\text{dt}$

Nilai koefisien kekasaran pipa (n) = 0,015

Slope = 0,006

Perhitungan:

$$D_{\text{pipa}} = \left(\frac{Q_{full} \times n}{0,3117 \times S^{0,5}} \right)^{0,375}$$

$$D_{\text{pipa}} = \left(\frac{0,0014 \times 0,015}{0,3117 \times 0,006^{0,5}} \right)^{0,375}$$

$$D_{\text{pipa}} = 0,0720 \text{ m}$$

Perhitungan diameter pipa pada nomor 2 zona 1A Kelurahan Karangasem didasarkan perhitungan asumsi d/D 0,6 dengan nilai Q_p/Q_f sebesar 0,6718 sehingga diperoleh dimensi pipa sebesar 0,0667 m atau 67 mm. Selanjutnya, untuk diameter yang akan digunakan pada pipa nomor 2 zona 1A Kelurahan Karangasem adalah menggunakan diameter pasaran yaitu sebesar 150 mm.

3. Perhitungan Nilai Q_{full} Berdasarkan Diameter Terpilih (150 mm)

Diameter terpilih = 0,15 m

Nilai koefisien kekasaran pipa (n) = 0,015

Slope = 0,006

Perhitungan:

$$Q_{full} = 0,3117 \times \left[\frac{D^{2,667}}{n} \right] \times S^{0,5}$$

$$Q_{full} = 0,3117 \times \left[\frac{0,15^{2,667}}{0,015} \right] \times 0,006^{0,5}$$

$$Q_{full} = 0,0102 \text{ m}^3/\text{dt}$$

4. Perhitungan Luas Penampang Saluran (A)

Diameter terpilih = 0,15 m

Perhitungan:

$$A = \frac{(\pi \times D^2)}{4}$$

$$A = \frac{(3,14 \times 0,15^2)}{4}$$

$$A = 0,0177 \text{ m}^2$$

5. Perhitungan Nilai V_{full}

Nilai $Q_{full} = 0,0102 \text{ m}^3/\text{dt}$

Nilai $A_{full} = 0,0177 \text{ m}^2$

Perhitungan:

$$V_{full} = \frac{Q_{full}}{A_{full}}$$

$$V_{full} = \frac{0,0102 \text{ m}^3/\text{dt}}{0,0177 \text{ m}^2}$$

$$V_{full} = 0,5785 \text{ m}/\text{dt}$$

6. Perhitungan Nilai Q_{peak}/Q_{full}

Nilai $Q_{peak} = 0,0010 \text{ m}^3/\text{dt}$

Nilai $Q_{full} = 0,0102 \text{ m}^3/\text{dt}$

Perhitungan:

$$\frac{Q_{peak}}{Q_{full}} = \frac{0,0010 \text{ m}^3/\text{dt}}{0,0102 \text{ m}^3/\text{dt}}$$

$$\frac{Q_{peak}}{Q_{full}} = 0,0948$$

7. Penentuan Nilai V_{peak}

Berdasarkan Tabel Nilai Sebanding dan Sebagian Penuh Pengoperasian Pipa dengan Kecepatan dan Pembuangan, didapat nilai d/D sebesar 0,48 diperoleh nilai V_{peak}/V_{full} adalah sebesar 0,9825 maka:

$$V_{peak} = \frac{V_{peak}}{V_{full}} \times V_{full}$$

$$V_{peak} = 0,9825 \text{ m}/\text{dt} \times 0,5785$$

$$V_{peak} = 0,5684 \text{ m}/\text{dt} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Perhitungan Kedalaman Galian Pipa

Dalam perencanaan sistem penyaluran air limbah domestik terpusat, kedalaman galian pipa dipengaruhi oleh kemiringan saluran (*slope*) serta didasarkan pada elevasi tanah jalur pipa di setiap titik manhole. Berikut contoh perhitungan tinggi galian pipa lateral nomor 2 pada jaringan pipa zona 1A Kelurahan Karangasem. Diketahui:

Diameter pipa (D) = 150 mm

Panjang pipa (L) = 49 m

Kecepatan aliran (v) = 0,5684 m/dt

Slope rencana (S) minimum = 0,006

Elevasi muka tanah awal = +106,000 m

Elevasi muka tanah akhir = +105,948 m

Perhitungan:

$$\text{Slope tanah (S)} = \frac{\text{elevasi awal} - \text{elevasi akhir}}{\text{panjang pipa}}$$

$$= \frac{106,000 \text{ m} - 105,948 \text{ m}}{49 \text{ m}} = 0,0011$$

Oleh karena elevasi muka tanah awal lebih rendah dari elevasi muka tanah akhir sehingga *slope* tanah perhitungan didapat angka 0,0011 dan memiliki nilai lebih kecil dari *slope* rencana, maka *slope* yang digunakan adalah *slope* rencana yaitu 0,006.

Elevasi pipa awal = elevasi akhir pipa sebelumnya

Elevasi pipa awal = 104,201 m

$\Delta H = \text{slope} \times \text{panjang pipa}$

$\Delta H = 0,006 \times 49 \text{ m}$

$\Delta H = 0,294 \text{ m}$

Elevasi pipa akhir = elevasi pipa awal - ΔH

Elevasi pipa akhir = 104,201 m - 0,294 m

Elevasi pipa akhir = 103,907 m

Tinggi galian = elevasi muka tanah akhir – elevasi pipa akhir

Tinggi galian = 105,948 m - 103,907 m

Tinggi galian = 2,041 m

Rencana Anggaran Biaya

Dalam perencanaan ini, anggaran biaya yang akan dihitung didasarkan pada (*Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 28 Tahun 2016 Tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*, 2016). Detail

harga tiap satu pekerjaan, terdiri dari tenaga pekerja, bahan, dan alat yang dibutuhkan. Kemudian disesuaikan dengan Daftar Harga Satuan Upah dan Harga Satuan Bahan Kota Surakarta

tahun 2020. Rencana anggaran biaya perencanaan pengembangan jaringan sistem penyaluran air limbah domestik terpusat jalur selatan Kota Surakarta dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH
I	BIAYA SAMBUNGAN RUMAH (SR) 175 RUMAH	Rp589.801.128,22
II	BIAYA PEMBANGUNAN JARINGAN PERPIPAAN AIR LIMBAH	Rp1.580.352.574,05
	SUB TOTAL	Rp2.170.153.702,26
	PPN 10%	Rp217.015.370,23
	JUMLAH TOTAL	Rp2.387.169.072,49
	DIBULATKAN	Rp2.387.100.000,00

Terbilang: Dua Milyar Tiga Ratus Delapan Puluh Tujuh Juta Seratus Ribu Rupiah

Perhitungan diatas telah mencakup seluruh biaya pekerjaan pengembangan jaringan perpipaan air limbah domestik terpusat jalur selatan Kota Surakarta dengan total jumlah 175 SR. Untuk detail perhitungan pembangunan 1 SR adalah sebesar Rp ±3.370.292,16 sehingga total biaya seluruh sambungan rumah sebanyak 175 SR adalah sebesar ±Rp 589.801.128,22

KESIMPULAN

Dalam perencanaan pengembangan jaringan sistem penyaluran air limbah domestik terpusat (SPALD-T) jalur selatan Kota Surakarta dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perencanaan pengembangan jaringan sistem penyaluran air limbah domestik terpusat (SPALD-T) jalur selatan Kota Surakarta menggunakan sistem gravitasi. Topografi wilayah jalur selatan Kota Surakarta relatif datar dengan elevasi berkisar antara 90 – 110 meter dan menyesuaikan dengan jaringan pipa sekunder maupun primer eksisting. Total sambungan rumah (SR) baru adalah sebanyak 175 SR yang terbagi atas 5 kelurahan. Dimensi pipa yang digunakan adalah sebesar 100 mm untuk pipa SR dan 150 mm untuk pipa lateral serta memiliki kecepatan swa bersih perhitungan < 0,6 m/dt dan kedalaman galian < 3 meter
2. Total rencana anggaran biaya pada perencanaan ini adalah sebesar ± Rp 2.387.100.000,00. Biaya untuk pembangunan 1 SR adalah sebesar Rp ±3.370.292,16 sehingga total biaya seluruh sambungan rumah sebanyak 175 SR adalah sebesar ±Rp 589.801.128,22. Sedangkan biaya pembangunan jaringan perpipaan air limbah untuk pipa lateral seluruhnya adalah sebesar ± Rp 1.580.352.575,05.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2019). *Statistik Indonesia 2019*.
- Badan Pusat Statistik Kota Surakarta. (2018). *Kota Surakarta Dalam Angka 2018*.
- Badan Pusat Statistik Kota Surakarta. (2019). *Kota Surakarta Dalam Angka 2019*.
- Firdaus, A. B. (2019). *Evaluasi Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik Terpusat Perumda Air Minum Kota Surakarta (Studi Kasus SPALD-T Jalur Selatan)*. Laporan Praktik Kerja Lapangan.
- Iskandar, S., Fransisca, I., Arianto, E., & Ruslan, A. (2016). *Buku 3 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik-Terpusat Skala Permukiman*. Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 28 Tahun 2016 Tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*. (2016).
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 2 Tahun 2018 Tentang Standar Pelayanan Minimal*. (2018). 35.
- Perumda Air Minum Kota Surakarta*. (2019).
- Perumda Air Minum Kota Surakarta*. (2020).
- Susanthi, D., Purwanto, Moh. Y. J., & Suprihatin. (2018). *Evaluasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan IPAL Komunal di Kota Bogor*. 19(2), 229–238.
- Utama, T. T. (2010). *Detail Engineering Design (DED) Sistem Penyaluran Air Buangan Perumahan Sehat Hunian (RSH) Griya Sidoharjo Asri, Kecamatan Sidoharjo, Kabupaten Sragen*. Universitas Diponegoro.