

Penentuan Jalur Pipa Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik dengan *Weighted Ranking Technique* (WRT) di Kecamatan Bogor Tengah

.^{1*} Widhi Sally Sufinah Rosadi,² Etih Hartati, dan³ Nico Halomoan

^{1,2,3} Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Bandung

^{*1} _widhisally@gmail.com

Abstrak: Bogor Tengah merupakan pusat pelayanan Kota Bogor dengan tingkat kepadatan penduduk paling tinggi di Kota Bogor, yaitu sebesar 128,8 jiwa/ha. Dalam upaya mengelola air limbah domestik, Pemerintah Kota Bogor melalui RTRW Kota Bogor tahun 2011-2031, merencanakan penyaluran air limbah domestik dengan sistem terpusat mengingat tidak memungkinkan setiap rumah memiliki sistem setempat. Pada perencanaan ini, dibuat 2 buah alternatif jalur untuk selanjutnya dipilih jalur yang paling sesuai dengan kriteria teknis yang dipersyaratkan. Metode pendekatan yang digunakan adalah *Weighted Ranking Technique* (WRT). WRT merupakan metode pemilihan alternatif yang didasarkan pada pemberian bobot terhadap parameter. Berdasarkan hasil analisis, terpilih jalur alternatif 1 sebagai jalur pipa terbaik dengan nilai akhir 0,26. Alternatif 1 memiliki rata-rata kecepatan minimum 1,69 m³/detik, waktu pengaliran 8,37 jam, biaya pembelian pipa sebesar Rp. 275.670.000,-, luas area terlayani 67,48 %, dan jumlah aksesoris yaitu 123 unit manhole dan 1 unit siphon

Kata kunci: : Pemilihan alternatif jalur pipa, sistem terpusat, *Weighted Ranking Technique* (WRT)

Abstract : Bogor Tengah sub-district is the service center of Bogor City with the highest population density in Bogor City, which is 128.8 people/ha. In an effort to manage domestic wastewater, Bogor City Government through RTRW Kota Bogor 2011-2031, has planned the distribution of domestic wastewater with offsite system since it does not allow every house to have an onsite system. In this plan, 2 pipeline alternatives were identified, to be later selected among those two. The approach method used is *Weighted Ranking Technique* (WRT). WRT is an alternative selection method based on weighting of parameters. Based on the analysis result, the alternative path 1 was chosen as the best pipeline with the final value of 0,26. Alternative 1 has a minimum flow rate is 1.69 m³ / sec, the flow time is 8.37 hours, the cost of purchasing a pipe of Rp. 275.670.000,-, the area served is 67.48%, and the number of accessories is 123 manhole units and 1 siphon unit

t

Key words: .. Alternative selection of pipeline, offsite system, *Weighted Ranking Technique* (WRT)

PENDAHULUAN

Air limbah domestik yang dihasilkan aktifitas manusia tidak bisa begitu saja dibuang ke badan perairan atau ke lingkungan, hal ini dikarenakan air limbah domestik memiliki kualitas yang buruk karena mengandung indikator yang mengindikasikan adanya bakteri patogen yaitu termasuk *E.coli* yang berasal dari tinja manusia, juga unsur lain yang menurunkan kualitas lingkungan serta dampak terhadap kesehatan yaitu *waterborne disease* seperti diare (Hardjosuprpto, 2000).

Berdasarkan laporan *Environmental Health Risk Assesment* (EHRA) tahun 2014 Kecamatan Bogor Tengah memiliki, 94,5% warga sudah memiliki jamban pribadi, namun sebanyak 3,4 % masih menggunakan MCK/WC umum dan 2% ke sungai. Meskipun demikian, masih terdapat masyarakat yang terkena diare dalam waktu 6 bulan terakhir, yaitu sebanyak 7,6 % (Dinkes 2014). Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa masih terdapat masyarakat yang belum memiliki akses sanitasi yang layak. Hal tersebut berdampak terhadap risiko sanitasi Kecamatan Bogor Tengah. Berdasarkan laporan Pemutakhiran Strategi Sanitasi Kota (SSK) Kota Bogor Tahun 2015-2020, dari 11 kelurahan terdapat 2 kelurahan dengan kategori risiko sangat tinggi, 8 kelurahan dengan kategori risiko tinggi dan hanya 1 kelurahan yang memiliki kategori risiko rendah (BAPPEDA 2016).

Berdasarkan RTRW Kota Bogor 2011-2031 tentang rencana struktur ruang Kota Bogor ditetapkan bahwa Kecamatan Bogor Tengah merupakan pusat pelayanan kota yang juga menjadi kawasan pusat perkantoran dan perdagangan jasa primer (skala kota dan regional) (BAPPEDA 2011). Sehingga kecamatan Bogor Tengah memiliki kepadatan penduduk tahun 2016 sebesar 128,8 jiwa/ha dan merupakan Kecamatan dengan tingkat kepadatan tertinggi di Kota Bogor.

Pertumbuhan penduduk yang begitu cepat di Kawasan Perkotaan Bogor Tengah memberikan dampak yang sangat serius terhadap penurunan daya tampung dukung lingkungan. Dampak tersebut harus disikapi dengan tepat, khususnya dalam pengelolaan air limbah. Pembuangan air limbah tanpa melalui proses pengolahan akan mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan yang dapat mengganggu kesehatan masyarakat, penurunan daya tampung lingkungan. Atas dasar hal tersebut, dengan mempertimbangkan aspek kepadatan penduduk yang tinggi, lahan yang terbatas untuk menggunakan on-site sistem, masih terdapat *waterborne disease*, dan juga topografi yang cenderung menurun, diperlukan sistem penyaluran air limbah domestik secara *off-site* sistem sebagai solusi dari permasalahan sanitasi di Kecamatan Bogor Tengah mengingat dan kemudian di alirkan ke instalasi pengolahan air limbah (IPAL) Kayu Manis yang berada pada Kecamatan Tanah Sereal Kota Bogor (BAPPEDA 2010).

Perencanaan sistem penyaluran air limbah domestik dibuat 2 buah alternatif jalur untuk mendapatkan variasi jalur berdasarkan luasnya daerah terlayani dan prioritas pelayanan. penentuan jalur terbaik diperlukan sebuah metode pemilihan agar jalur terpilih merupakan jalur yang paling sesuai dengan kriteria teknis yang disyaratkan. Metoda pemilihan alternatif yang digunakan yaitu *Weighted Ranking Technique* (WRT) parameter yang dijadikan pertimbangan dalam pemilihan jalur pipa yaitu, kecepatan minimum, waktu pengaliran, biaya pembelian pipa, presentase luas area terlayani, dan jumlah aksesoris. Berdasarkan hal tersebut diharapkan agar pembuatan keputusan dalam jalur pipa air limbah domestik di Kecamatan Bogor Tengah merupakan alternatif terbaik karena pendekatan yang dilakukan karena sesuai dengan persyaratan secara teknis dan ekonomi.

METODOLOGI

2.1 Tahap Tinjauan Awal dan Identifikasi Masalah

Dengan Metode *Desk Study*, dilakukan analisa deskriptif dengan mengkombinasikan analisa kualitatif dan kuantitatif. Analisa kualitatif dilakukan melalui studi pustaka mengenai kondisi sanitasi daerah perencanaan. Analisa Kuantitatif dilakukan dengan menggunakan pustaka yang berasal buku laproran EHRA (*Environmental Health Risk Assesment*), data yang berasal dari Badan Pusat Statistik (BPS) juga meninjau regulasi dan perencanaan terkait penyaluran air limbah domestik seperti Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan Pemutakhiran Strategi Sanitasi Kabupaten (SSK) untuk selanjutnya dilakukan identifikasi permasalahan yang akan dibahas, serta menentukan batasan permasalahan yang dilakukan, kemudian dapat disimpulkan urgensi penyaluran air limbah domestik di Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor.

2.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan langkah awal untuk memulai pengumpulan data. Pada tahap persiapan dibuat susunan rencana dalam pengambilan data agar waktu yang digunakan lebih efektif.

- Studi pustaka terhadap materi untuk proses perencanaan
- Menentukan kebutuhan data
- Mendata instansi dan institusi yang menjadi sumber data
- Pengadaan persyaratan administratif/surat-menyurat untuk keperluan pengumpulan data

Tahap Pengumpulan data

Berdasarkan cara memperolehnya, data dibedakan menjadi 2 buah, yaitu data primer dan data sekunder. Data Primer peroleh dari observasi yang dilakukan terhadap kondisi sistem penyaluran air limbah domestik di daerah perencanaan. Sedangkan data Sekunder dilakukan dengan metode *desk study* yaitu metode untuk mendapatkan keadaan indikator dengan melakukan kajian dan penelaahan terhadap dokumen dan laporan dari instansi terkait (*Dinas Kehutanan, 2012*). Adapun data yang diperlukan yaitu Demografi 10 tahun terakhir, sarana dan pra-sarana, tata guna lahan, kondisi penyaluran air limbah domestik, topografi, RTRW, profil kecamatan, kondisi hidrologi, kondisi sanitasi, dan harga satuan daerah untuk aksesoris pipa dan material bangunan.

2.3 Tahap Pengolahan dan Analisis Data

Pra Perencanaan

▪ Proyeksi Penduduk

Data tahun awal yang dimiliki adalah tahun 2016, tahun ke-0 periode desain adalah 2019, maka bila diproyeksikan untuk 23 tahun mendatang, data penduduk yang diperoleh yaitu hingga tahun 2039.

Dalam melakukan proyeksi penduduk, metode yang cukup representatif untuk memproyeksikan jumlah penduduk adalah secara matematis diantaranya Metode Aritmatik, Metode Geometrik dan Metode *Least Square*. Ketiga metode tersebut dipilih berdasarkan parameter nilai simpangan baku / Standar Deviasi (SD), perhitungan koefisien variansi (CV), dan perhitungan nilai korelasi (r) antara data eksisting dengan data menurut model proyeksi.

▪ Proyeksi Fasilitas

Proyeksi fasilitas sarana prasarana yang ada di daerah perencanaan bertujuan mengetahui pertumbuhan fasilitas umum atau kegiatan bersifat non-domestik yang ada di daerah perencanaan. Proyeksi fasilitas sarana dan prasarana daerah perencanaan dilakukan berdasarkan Keputusan Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah No.534/KPTS/M/2001 tentang Standar Pelayanan Minimal untuk Permukiman (KemenPU 2001).

▪ Proyeksi Kebutuhan Air Domestik

Berdasarkan cara pelayanan untuk kebutuhan air domestik dibagi menjadi dua jenis Konsumsi air domestik merupakan banyaknya air yang digunakan penduduk kecamatan Bogor Tengah Kota Bogor guna menunjang aktifitas sehari-hari. Kondisi wilayah perencanaan akan menentukan kebutuhan air bersih untuk daerah perencanaan, faktor yang sangat mempengaruhi pola pemakaian air bersih diantaranya penambahan jumlah penduduk dan tingkat sosial ekonomi penduduk.

Besarnya konsumsi air yang digunakan oleh penduduk didapat dari data besarnya air yang disalurkan oleh PDAM. Data yang digunakan berdasarkan Statistik Kota Bogor 2015 dan 2016.

▪ Proyeksi Kebutuhan Air Non-domestik

Proyeksi kebutuhan air non-domestik didasarkan pada kondisi aatau jumlah sarana prasarana non-domestik di awal perencanaan, dan kemungkinan perkembangannya sampai akhir periode perencanaan.

Untuk melakukan perhitungan kebutuhan air non-domestik, Dirjen Cipta Karya PU memiliki regulasi terkait Standardisasi Kebutuhan Air Minum Fasilitas Perkotaan.

▪ Proyeksi Timbulan Air Limbah Domestik

Berdasarkan Spesifikasi Teknis Penyaluran Air Limbah Domestik dengan Sistem Terpusat tahun 2017, 80% air bersih yang dikonsumsi akan menjadi air buangan.

Perencanaan

- Membuat 2 jalur Alternatif
Dalam membuat 2 jalur alternatif, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah topografi, rencana perkembangan kota, jalur pipa air bersih, permasalahan sanitasi, jalur pipa dapat melayani sebanyak mungkin rumah tangga, jalur pipa mengikuti jalan umum milik pemerintah dengan mengikuti hirarki jalan guna mendukung operasi dan pemeliharaan, serta demografi khususnya kepadatan penduduk.
- Menghitung dimensi dan aksesoris pipa.
Menghitung dimensi pipa dilakukan guna mengetahui diameter dan kecepatan pengaliran agar memenuhi kriteria desain yang ditetapkan.
- Aksesoris Pipa
Aksesoris pipa yang akan digunakan guna menunjang sistem penyaluran air limbah domestik berupa *manhole*, siphon, dan aksesoris pipa lain sesuai kebutuhan perencanaan.

2.4 Tahap Pemilihan Alternatif

Alternatif jalur dibuat dengan memperhatikan topografi, jalur air bersih, kepadatan penduduk, risiko sanitasi, rencana pengembangan kota dan jalan utama daerah perencanaan. Pemilihan alternatif dilakukan dengan metode *weighted ranking technique* (WRT).

Dalam metode WRT, kriteria pemilihan berdasarkan penilaian beberapa parameter (metode pembobotan atau *weighting method*) memberikan penilaian seobjektif mungkin dengan menampilkan beberapa parameter yang cukup representatif, sehingga menekan penyimpangan yang mungkin terjadi. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pemilihan alternatif yaitu menentukan Koefisien Pentingnya Faktor (KPF) dan Koefisien Pentingnya Alternatif (KPA) (Taufik 2015).

Parameter yang digunakan untuk pembobotan dengan metode WRT yaitu panjang saluran, luas area terlayani paling besar, diameter pipa paling kecil, kecepatan minimum tercepat dalam rentang kriteria yang dipersyaratkan, waktu pengaliran tercepat hingga ke IPAL, dan jumlah aksesoris paling sedikit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan Jalur Alternatif

3.1.1 Pembuatan Jalur Alternatif

Pembuatan jalur alternatif didasarkan pada prioritas area penanganan limbah dalam Rencana Induk Investasi Air Limbah Paket I : Bogor, yang menjelaskan bahwa beberapa area yang harus menjadi prioritas adalah:

- a) Area komersial dengan usaha seperti *mall*, hotel, restoran yang mampu memberikan kontribusi finansial untuk menutupi biaya operasi dan pemeliharaan institusi pengelola air limbah profesional;
Kota Bogor tidak mempunyai kawasan bisnis terpusat (*Central Bisnis District*) yang spesifik, kawasan komersil berupa usaha niaga dan perhotelan pada umumnya berkembang disepanjang jalan protokol, dan dikelompokkan menjadi *Linear Commercial Areas* (LCA).
LCA utama di Kecamatan Bogor Tengah adalah Jl. Surya Kencana dan Jl. Merdeka.
- b) Area dimana masyarakat tinggal di wilayah dengan risiko sanitasi tinggi. Hal ini tercermin dalam EHRA;
Di Kecamatan Bogor tengah, daerah yang termasuk kedalam daerah pelayanan dengan risiko sanitasi sangat tinggi adalah Kelurahan Babakan Pasar, dan risiko sanitasi tinggi adalah Kelurahan Gudang, Paledang, Panaragan, Kebon Kalapa,

Pabaton, dan Cibogor. Sedangkan untuk daerah dengan risiko sanitasi rendah adalah Kelurahan Caringin.

Kelurahan Gudang memiliki skor 65,7% dan merupakan ranking 1 dalam prioritas penanganan air limbah perpipaan di Kota Bogor, dilanjutkan dengan Kelurahan Babakan Pasar pada ranking 2.

- c) Area di mana ada banyak terjadi BABS (Buang Air Besar Sembarangan), ini adalah secara umum daerah dimana pada saat ini cakupan fasilitas air limbah relatif rendah.

Di Kota Bogor, masih terdapat 4,7 % penduduk yang melakukan BAB secara terbuka (*Open Defecation* :OD). Untuk Kecamatan Bogor Tengah, Kelurahan Gudang merupakan kelurahan kedua yang memiliki presentase OD tertinggi di Kota Bogor yaitu sebesar 27%, Kelurahan Panaragan 19%, Ciwaringin 11% dan Paledang sebanyak 3%.

3.1.2 Jalur Alternatif yang diusulkan

Pembuatan alternatif pada perencanaan ini berdasarkan arahan *masterplan* air limbah kota bogor bahwa area yang harus dilayani adalah *Linear Commercial Areas* (LCA) area risiko sanitasi tinggi, dan pemukiman yang memiliki angka BABS yang tinggi. Dengan mempertimbangkan ketiga syarat tersebut, serta dengan memperhatikan topografi dan badan jalan, dibuat 2 buah jalur alternatif yang ditawarkan atas solusi dari permasalahan sanitasi dan dapat diterapkan sebagai sistem penyaluran air limbah domestik di Kecamatan Bogor Tengah. Adapun gambaran jalur alternatif yang diusulkan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Perbandingan Alternatif jalur 1 dan 2

Pertimbangan Jalur	Alternatif 1	Alternatif 2
Jumlah jalur induk	1 buah pipa induk	1 buah pipa induk
Luas area pelayanan	67,46%.	71,41 %
Panjang pipa	Panjang Jalur Total = 9.251 m pipa induk = 5.251 m dan pipa latetal = 4.324 m	Panjang Jalur Total =11.717 m pipa induk =5.721 m pipa latetal =5.996 m.
LCA (<i>Linear Commercial Areas</i>) utama yang terlewati	Jl Surya Kencana Jl Merdeka.	Jl Surya Kencana.
Risiko Sanitasi	<ul style="list-style-type: none"> Risiko santasi sangat tinggi = Kelurahan Babakan Pasar Risiko sanitasi tinggi Kelurahan Gudang (memiliki skor 65,7% dan merupakan ranking 1 dalam prioritas penanganan), Paledang, Panaragan, Kebon Kalapa, Pabaton, dan Cibogor Risiko sanitasi rendah adalah Kelurahan Caringin. 	<ul style="list-style-type: none"> Risiko santasi sangat tinggi = Kelurahan Babakan Pasar Risiko sanitasi tinggi Kelurahan Gudang (memiliki skor 65,7% dan merupakan ranking 1 dalam prioritas penanganan), Paledang, Panaragan, Kebon Kalapa, Pabaton, dan Cibogor Risiko sanitasi rendah adalah Kelurahan Caringin.
Sistem Pengaliran	Gravitasi.	Gravitasi.
Jumlah aksesoris	123 <i>manhole</i> 1 <i>siphon</i>	152 <i>manhole</i> 1 <i>siphon</i>

Sumber: Hasil Analisis 2017

3.1.3 Pembuatan Blok Pelayanan

Menurut Rachim (2001), pembagian blok pelayanan dilakukan untuk memudahkan perhitungan, dimana setiap blok pelayanannya membebani setiap saluran pengumpul. Adapun hal yang menjadi dasar pertimbangan dalam pembagian blok pelayanan adalah topografi dan jaringan jalan. Adapun blok yang direncanakan dari kedua alternatif dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**.

3.2 Pemilihan Alternatif

Berikut merupakan tahapan memilih alternatif dengan metode *weighted ranking technique* (WRT):

i. **Menentukan parameter-parameter yang akan dipertimbangkan untuk dijadikan perbandingan terhadap 2 buah alternatif**

Berikut merupakan parameter yang akan dijadikan perbandingan:

1. Kecepatan Pengaliran

Penilaian tertinggi diberikan pada kecepatan minimum yang paling tinggi, sehingga waktu pengaliran hingga ke IPAL semakin singkat. Namun kecepatan pengaliran air limbah tidak boleh terlampaui tinggi karena dapat menyebabkan tergerusnya pipa (abrasi). Kecepatan di dalam pipa juga tidak boleh terlalu lambat karena aliran haruslah membawa material yang ada dalam aliran, agar tidak menyebabkan adanya pengendapan pada dasar saluran pipa, serta tidak menimbulkan H₂S. Kecepatan pengaliran harus berada pada rentang kriteria desain yaitu kecepatan minimum 0,6 m/detik dan maksimum 3 m/s (Hardjosuprpto 2000). Adapun kecepatan minimum di dalam pipa dari tiap alternatif sebagai berikut:

- Alternatif 1 = 1,69 m³/detik
- Alternatif 2 = 1,75 m³/detik

2. Waktu Pengaliran hingga ke IPAL

Penilaian tertinggi diberikan pada alternatif yang memiliki waktu pengaliran ke IPAL paling singkat dan tidak lebih dari 18 jam. Ketentuan ini didasarkan pada karakteristik mikroorganisme pereduksi yang bisa mendekomposisi senyawa-senyawa dalam air limbah menjadi senyawa septik (Hardjosuprpto 2000). Adapun waktu pengaliran pipa dari tiap alternatif sebagai berikut:

- Alternatif 1 = 8,37 jam
- Alternatif 2 = 8,43 jam

3. Biaya

Penilaian tertinggi diberikan pada alternatif yang memiliki prakiraan biaya investasi pipa yang lebih murah. Hal ini berkaitan dengan panjang saluran serta diameter. Semakin panjang pipa maka biaya investasi pipa akan lebih besar begitupun dengan diameter pipa yang semakin besar dan tentunya akan menambah biaya investasi pembangunan. Investasi biaya pipa yang paling ekonomis adalah alternatif 1 dengan biaya investasi sebesar Rp 475.670.000. Untuk lebih jelasnya, biaya investasi dari panjang dan diameter pipa dari kedua alternatif sebagai berikut:

Tabel 2. Investasi Biaya Pipa Alternatif 1

Pipa Buis Beton	Pipa	Panjang Pipa				Jumlah Pipa	Harga Satuan	Harga Total
		Diameter		perhitungan	pasaran			
		mm	cm					
Lateral	200	20	4324	1	4324	Rp 25.000	Rp 108.100.000	
Induk	500	50	5251		5251	Rp 70.000	Rp 367.570.000	
TOTAL			9575				Rp 475.670.000	

Sumber: Harga Satuan Pekerjaan Tertinggi Upah dan Bahan Kota Bogor, 2017

Tabel 3. Investasi Biaya Pipa Alternatif 2

Pipa Buis Beton	Pipa	Panjang Pipa				Jumlah Pipa	Harga Satuan		Harga Total	
		Diameter		perhitungan	pasaran		Rp	Rp	Rp	Rp
		mm	cm	m	m					
Lateral	200	20	5721	1	5721	25.000	143.025.000			
Induk	500	50	5996		5996	70.000	419.720.000			
TOTAL			11717				562.745.000			

Sumber: Harga Satuan Pekerjaan Tertinggi Upah dan Bahan Kota Bogor, 2017,2017

4. Luas Area Terlayani

Alternatif dengan presentase luas cakupan pelayanan paling besar diberikan nilai tertinggi. Hal ini dikarenakan semakin besar presentase daerah terlayani, semakin besar pula kemungkinan perencanaan sistem penyaluran air limbah domestik dapat menghilangkan potensi *waterborne disease* pada daerah dengan tingkat sanitasi yang tinggi dan sangat tinggi. Dilihat dari cakupan area pelayanan, maka semakin besar daerah pelayanan maka akan diiringi dengan peningkatan debit air timbulan yang dihasilkan, juga peningkatan diameter pipa. Adapun area terlayani dari tiap alternatif sebagai berikut:

Tabel 4. Area Terlayani Alternatif 1

Nama Blok	Luas Area		Jumlah Penduduk Ekuivalen (orang)		
	Ha	%	Domestik	Non Domestik	ΣPenduduk
Luas Area	476,33	100%	79241	39811	119052
Terlayani	321,41	67,48%	53469	26863	80332
Tidak Terlayani	154,919	32,52%	25772	12948	38720

Sumber: Hasil Analisis, 2017

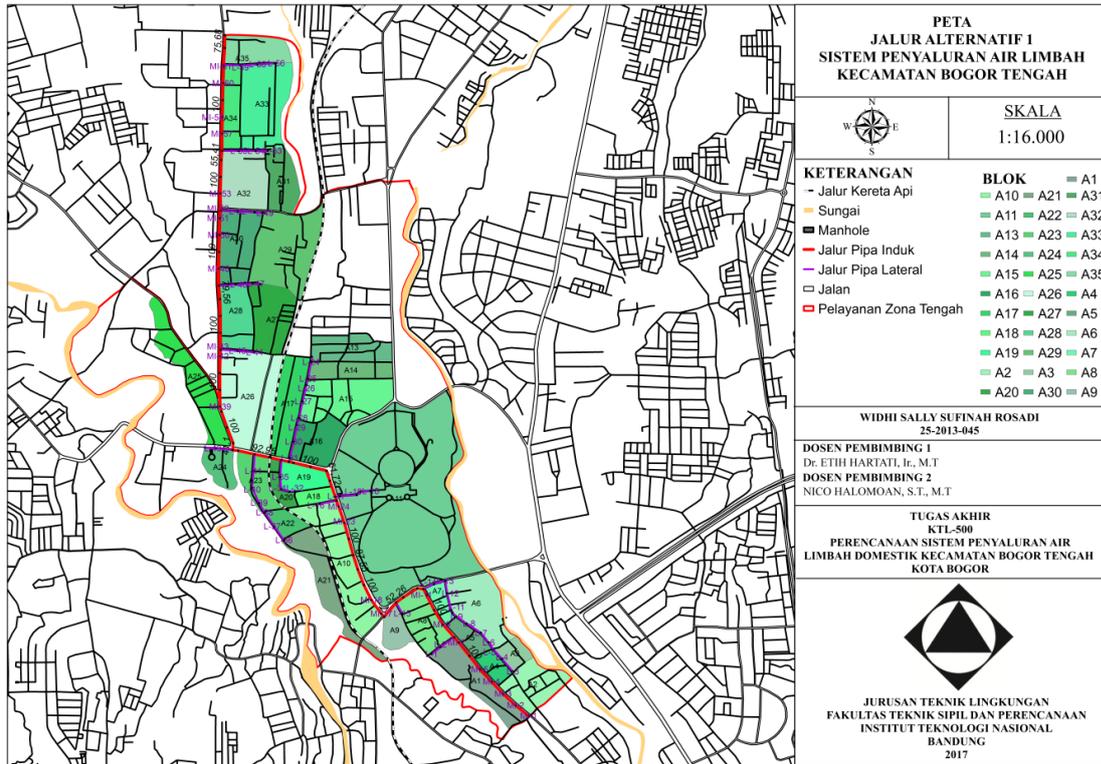
Tabel 5. Area Terlayani Alternatif 2

Nama Blok	Luas Area		Jumlah Penduduk Ekuivalen (orang)		
	m ²	%	Domestik	Non Domestik	ΣPenduduk
Luas Area	476,33	100%	79241	39811	119052
Terlayani	340,17	71,41%	56590	28431	85021
Tidak Terlayani	136,159	28,59%	22651	11380	34031

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Perbedaan cakupan daerah terlayani dengan *offsite system* untuk alternatif 1 dan 2 dapat dilihat pada **Gambar 1 dan Gambar 2** sebagai berikut:

Gambar 1. Blok Pelayanan Jalur Alternatif 1



Sumber : Hasil Analisis, 2017

5. Jumlah aksesoris

Penilaian tertinggi diberikan pada jumlah aksesoris paling sedikit dikarenakan semakin banyak aksesoris maka biaya yang perlu dikeluarkan untuk membeli aksesoris akan lebih besar pula (Taufik 2015). Adapun jumlah aksesoris pipa dari tiap alternatif sebagai berikut:

- Alternatif 1 = Manhole = 123 unit
= Siphon = 1 unit
- Alternatif 2 = Manhole = 152 unit
= Siphon = 1 unit

ii Menentukan nilai Koefisien Pentingnya Faktor (KPF)

- penentuan nilai KPF dilakukan dengan memberikan bobot yang didasarkan dengan memberikan bobot pada setiap parameter. Besarnya bobot yang diberikan pada tiap parameter didasarkan pada tingkat kepentingan faktor atau parameter terhadap persyaratan teknis yang ada dan dibandingkan dengan parameter lain (Khodijah dalam Taufik, 2015).
- Nilai yang diberikan kepada setiap parameter yaitu :
 - Nilai 1 = Lebih Penting
 - Nilai 0,5 = Sama penting
 - Nilai 0 = Kurang Penting

Perhitungan disusun dengan menggunakan tabel guna memudahkan penilaian. Cara menentukan kolom yang dibutuhkan yaitu sebagai berikut (Khodijah dalam Taufik, 2015):

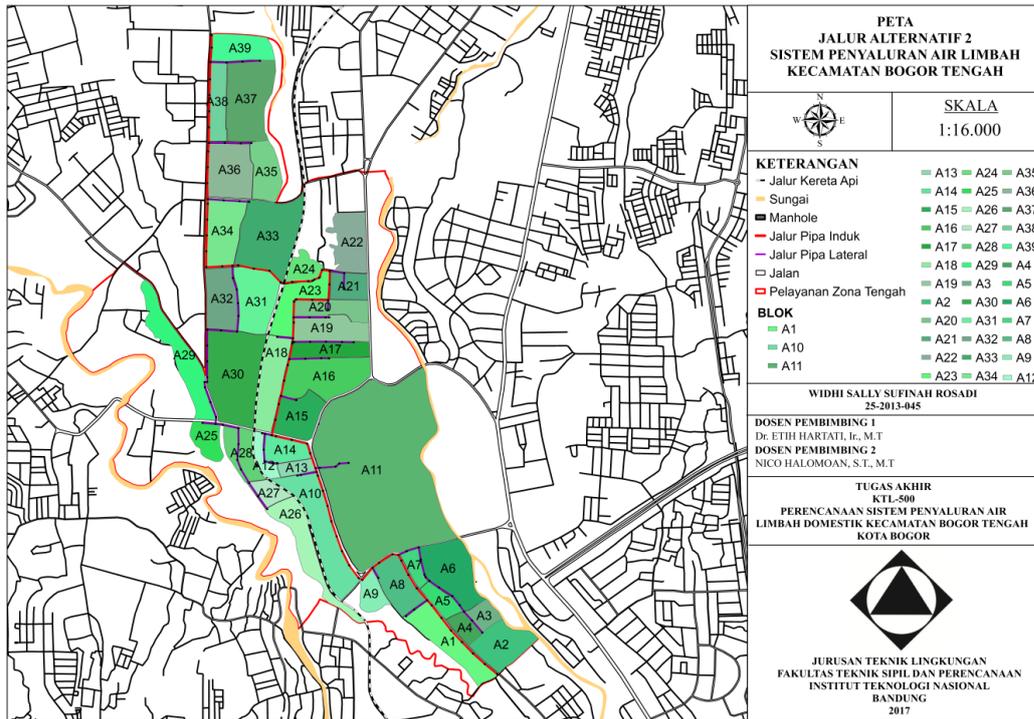
$$\text{Jumlah kolom} = \frac{N(N-1)}{2}$$

Dimana N : Jumlah parameter pembandingan.

Adapun jumlah kolom yang dibutuhkan dalam perencanaan ini adalah:

$$\text{Jumlah kolom} = \frac{N(N-1)}{2} = \frac{5(5-1)}{2} = 10 \text{ kolom}$$

Gambar 2. Blok Pelayanan Jalur Alternatif



Sumber

:Hasil Analisis, 2017

Setelah menentukan jumlah kolom, penentuan nilai KPF dapat dilihat pada **tabel 5**.

Tabel 6. Penentuan Nilai KPF

No	Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Jumlah	KPF
1	Kecepatan Minimum (m3/s)	0,5	1,0	1,0	1,0							3,50	0,35
2	Waktu Pengaliran (jam)	0,5				1,0	0,5	1,0				3,00	0,30
3	Biaya (Rp)		0,0			0,0			0,5	0,5		1,00	0,10
4	Luas Area Terlayani (%)			0,0			0,5		0,5		0,5	1,50	0,15
5	Jumlah Aksesoris (unit)				0,0			0,0		0,5	0,5	1,00	0,10
Total												10,00	1,0
													0

Sumber:Hasil Analisis, 2017

Penentuan nilai penting dari setiap parameter ditinjau dengan membandingkan kesesuaian dengan persyaratan teknis dan nilai ekonomi yaitu banyaknya biaya yang akan dikeluarkan untuk pembangunannya. Contohnya untuk Kecepatan minimum dan waktu pengaliran diberi nilai yang sama yaitu 0,5 pada keduanya dikarenakan keduanya merupakan kriteria desain atau persyaratan yang harus dipenuhi dalam penyaluran air limbah domestik karena persyaratan teknis akan mempengaruhi operasional sistem penyaluran.

Nilai KPF pada setiap parameter merupakan penjumlahan total dari nilai kepentingan parameter dibagi jumlah skor dari tiap parameter.

Contoh Perhitungan KPF untuk Kecepatan Pengaliran:

- Jumlah skor=3,50+3,00+1,00+1,50+1,00 = 10,00

- $KPF = \frac{0,5 + 1,0 + 1,0 + 1,0}{10} = 0,35$

i. Penilaian Koefisien Pentingnya Alternatif (KPA)

Penentuan KPA dilakukan dengan memberikan bobot atau nilai pada tiap alternatif terhadap parameter-parameter yang telah ditetapkan sebelumnya. Pemberian nilai dilihat dari kesesuaian terhadap persyaratan teknis dan keuntungan dari segi ekonomi. Nilai yang diberikan kepada setiap alternatif yaitu :

- Nilai 1 = Lebih Penting
- Nilai 0,5 = Sama penting
- Nilai 0 = Kurang Penting

Setelah dilakukan penilaian, bobot dari setiap alternatif dijumlahkan dan dibagi oleh jumlah alternatif yang ada, dalam perencanaan ini ada 2 alternatif. Hasil pembagian untuk setiap alternatif dari setiap parameter terhadap jumlah alternatif disebut Koefisien Pentingnya Alternatif (KPA) (Khodijah dalam Hildan, 2015).

Penentuan nilai KPF dapat dilihat pada **tabel 7**.

Tabel 7. Penentuan Nilai KPA

No	Parameter	Alternatif	Nilai	Jumlah	KPA
1	Kecepatan Minimum (m3/s)	I	0,5	0,5	0,25
		II	0,5	0,5	0,25
2	Waktu Pengaliran (jam)	I	0,5	0,5	0,25
		II	0,5	0,5	0,25
3	Biaya (Rp)	I	1	1	0,50
		II	0	0	0,00
4	Luas Area Terlayani (%)	I	0	0	0,00
		II	1	1	0,50
5	Jumlah Aksesoris (unit)	I	1	1	0,50
		II	0	0	0,00

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Penentuan nilai KPA terhadap parameter terhadap tiap alternatif yang ada dinilai berdasarkan kesesuaian alternatif terhadap persyaratan teknis dan keuntungan dari segi ekonomi. Contohnya untuk panjang saluran, alternatif 1:

- Alternatif 1 terhadap alternatif 2 : alternatif 1 diberikan nilai 0,5 dan alternatif 2 diberikan nilai 0,5 karena kecepatan minimum pada alternatif 1 sebesar 1,76 m3/detik dan alternatif 2 yaitu 1,77 m3/detik. Dimana kedua alternatif masih memiliki kecepatan minimum yang di persyaratkan (0,6 -3 m3/detik).

Contoh Perhitungan KPF untuk Panjang Saluran Alternatif I:

$$KPA = \frac{0,5}{2 \text{ Alternatif}} = 0,25$$

ii. Pengambilan Keputusan

Perhitungan dalam pengambilan keputusan untuk dilakukan dengan cara mengalikan nilai Koefisien Pentingnya Faktor (KPF) dan Koefisien Pentingnya Alternatif (KPA). Alternatif yang mendapatkan nilai akhir hasil perkalian paling tinggi merupakan alternatif terpilih dari penentuan jalur pipa air limbah domestik. Penentuan jalur alternatif dapat dilihat pada **tabel 7**.

Tabel 8. Penentuan Nilai KPA

No	Parameter	KPF	KPA		KPF X KPA	
			I	II	I	II
1	Panjang Saluran	0,35	0,25	0,25	0,09	0,09
2	Luas Area Terlayani	0,30	0,25	0,25	0,08	0,08
3	Diameter Pipa	0,10	0,50	0,00	0,05	0,00

4	Kecepatan Minimum	0,15	0,00	0,50	0,00	0,08
5	Waktu Pengaliran	0,10	0,50	0,00	0,05	0,00
6	Jumlah Aksesoris	JUMLAH	0,26	0,24		
JUMLAH					0,30	0,35

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Berdasarkan **Tabel 8** dapat dilihat bahwa nilai akhir alternatif 1 yaitu 0,26 sedangkan alternatif 2 sebesar 0,24. Karena alternatif tertinggi ditentukan berdasarkan hasil paling tinggi maka jalur alternatif terpilih merupakan jalur alternatif 1.

KESIMPULAN

Setelah menganalisis jalur pipa menggunakan metode WRT, terpilih alternatif terbaik untuk penyaluran air limbah domestik Kecamatan Bogor Tengah yaitu jalur alternatif 1 yang memiliki rata rata kecepatan minimum 1,69 m³/detik, waktu pengaliran 8,37 jam, biaya pembelian pipa sebesar Rp. 275.670.000,-, luas area terlayani 67,48 %, dan jumlah aksesoris yaitu 123 unit *manhole* dan 1 unit *siphon*.

DAFTAR PUSTAKA

- Babbitt, H. E. (1922). *Sewerage and sewage treatment*, John Wiley & Sons, Incorporate.
- BAPPEDA, B. P. d. P. D. (2010). *Master Plan Air Limbah Kota Bogor*. Bogor.
- BAPPEDA, B. P. d. P. D. (2011). Peraturan Daerah Kota Bogor Nomor 8 tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bogor 2011-2031. Bogor.
- BAPPEDA, B. P. d. P. D. (2016). Strategi Sanitasi Kota (SSK) Edisi Revisi Kota Bogor tahun 2014-2017. Bogor.
- BAPPEDA, B. P. d. P. D. (2016). Pemutakhiran Strategi Sanitasi Kota (SSK) Kota Bogor tahun 2015-2020. Bogor.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Bogor. (2016). Kecamatan Bogor Tengah dalam Angka. Bogor
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Bogor. (2016). Statistik Kota Bogor 2016. Bogor
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Bogor. (2015). Statistik Kota Bogor 2015. Bogor
- Dewi, Nura Adhithia. Perencanaan Sistem Penyaluran Air Ilimbah Domestik Kota Bogor Menggunkan Air Hujan untuk Debit Penggelontoran. (2014) IPB, Bogor.
- Dinas Kehutanan Provinsi Jawa barat dan Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati ITB . (2012). *Buku II Metode verifikasi lapangan*. ITB, Bandung
- Dinkes, D. K. K. B. (2014). Laporan *Environmental Health Risk Assesment (EHRA)* Kota Bogor tahun 2014. Bogor.
- Dinas Perumahan dan Permukiman Kota Bogor (2017). Harga Satuan Pekerjaan Tertinggi Upah dan Bahan Kota Bogor Tahun Anggaran 2017. Bogor
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. (2011). Materi Bidang Air Limbah I. Jakarta.
- Hardjosuprpto, M. (2000). "Penyaluran Air Buangan: Volume II." *ITB, Bandung*.
- Herliana, E. (2007). Perencanaan Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Buangan Domestik Ujung Berung Regency Menggunakan Constructed Wetland. Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan ITB. Bandung, Bandung: Tugas Akhir TL-ITB.
- KemenPU, M. P. d. P. W. (2001). Keputusan Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah No.534/KPTS/M/2001 tentang Standar Pelayanan Minimal untuk Permukiman. Jakarta.
- Kementerian Dalam Negeri. (2012). No.40/2012 tentang Pedoman Proyeksi Penduduk di Daerah. Jakarta.
- KemenPU. (2007). No.18/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. Jakarta
- Kementrian PU-PR. (2017). Spesifikasi Teknis Sistem Penyaluran Air Buangan. Jakarta
- KemenPU, M. P. d. P. W. (2001). Keputusan Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah No.534/KPTS/M/2001 tentang Standar Pelayanan Minimal untuk Permukiman. Jakarta.

- Rachim, Rady Setio. (2006). Perencanaan Sistem Penyaluran Air Buangan di Kecamatan Cimahi Selatan Kota Cimahi. Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Itenas. Bandung, Bandung: Tugas Akhir TL-Itenas.
- Taufik, H. N. (2015). Perencanaan Sistem Penyaluran Air Buangan di Kecamatan Purwakarta Kabupaten Purwakarta. Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Itenas. Bandung, Bandung: Tugas Akhir TL-Itenas.