

Perencanaan Jalur Pipa Distribusi Sekunder PDAM Menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process* dan *Cost Path Analysis* (Studi Kasus : Kecamatan Gunung Anyar ke Zona 3 PDAM Surya Sembada)

Indonesian Regional Water Utility Company Secondary Distribution Pipe Route Using Analytical Hierarchy Process and Cost Path Analysis (Case Study : Gunung Anyar District to Zone 3 PDAM Service)

Sendi Khoirul Irham Luberta, Hepi Hapsari Handayani*, Nurwatik

Departemen Teknik Geomatika, FTSLK-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

*Korespondensi penulis: hapsari@geodesy.its.ac.id

Diterima: 26072022; Diperbaiki: 02042024; Disetujui: 08072024; Dipublikasi: 08072024

Abstrak: Zona 3 Pelayanan PDAM Surya Sembada memiliki tekanan air dan debit air terendah jika dibandingkan dengan zona lain. Hal ini menyebabkan zona 3 belum dapat teraliri air secara keseluruhan dan terus-menerus. PDAM merencanakan pemasangan jaringan pipa baru menuju 3 dengan titik awal berada di Kecamatan Gunung Anyar agar dapat menambah kapasitas air zona 3 tersebut. Dalam penelitian ini digunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Cost Path Analysis* dengan mempertimbangkan beberapa kriteria yaitu kelereng, arah hadap lereng, penggunaan lahan, jaringan jalan, jaringan sungai, daerah rawan bencana, banjir, dan jenis tanah. Metode AHP digunakan untuk menentukan bobot setiap kriteria dan sub-kriteria. Sedangkan *cost path analysis* diproses dengan berdasarkan bobot setiap kriteria dan skor sub-kriteria yang didapat dari pembobotan AHP. Didapatkan kriteria dengan bobot tertinggi ialah jaringan jalan sebesar 44%, diikuti kriteria penggunaan lahan sebesar 22%, untuk kriteria lain memiliki bobot antara 4%-10%. Pada penelitian ini direncanakan terdapat beberapa pilihan jalur pipa yaitu sebanyak 3, sehingga proses *cost path analysis* perlu dilakukan dengan *input* 3 titik akhir dan didapatkan 3 jalur pipa pilihan. Setelah didapatkan jalur pipa hasil pemodelan *cost path analysis*, dilakukan analisis kesesuaian mengacu pada SNI pemasangan pipa tahun 2004 serta RDTR Kota Surabaya Tahun 2018-2038. Diperlukan adanya modifikasi jalur pipa dikarenakan untuk masing-masing jalur 1, jalur 2, dan jalur 3 sebesar 12,6 %; 14,0 %; dan 7,4 % dari total panjang jalurnya *intersect* dengan area pemukiman. Modifikasi dilakukan dengan menggeser bagian jalur pipa yang *intersect* dengan pemukiman menuju jaringan jalan terdekat dikarenakan jaringan jalan memiliki pengaruh terbesar dalam penelitian ini dan menyesuaikan dengan peraturan. Kemudian, melakukan simulasi tekanan air dan debit air menggunakan *software* waterGems untuk mengetahui tekanan air dan debit air yang mampu dihasilkan setiap jalur pipa dan didapatkan jalur 1 dapat menghasilkan tekanan air rata-rata dan debit air tertinggi masing-masing sebesar 6,096 m dan 77 l/s.

Copyright © 2024 Geoid. All rights reserved.

Abstract: Zone 3 Indonesian Regional Water Utility Company (PDAM) Surya Sembada has lowest water pressure and water discharge comparing to the other zones. This problem makes the water interest of zone 3 is not able to be fulfilled. PDAM has a plan to install a new secondary pipe distribution from Gunung Anyar District to Zone 3 to provide more water. To determine the most optimum pipe routes, generated Analytical Hierarchy Process (AHP) and Cost Path Analysis method based on seven criterion : slope, aspect, land-use, road network, river network, flood-prone area and soil types. AHP processing is used to determine the weight of criterion and sub-criterion. While cost path analysis is processed based on AHP weighting result to generate the most optimum pipe route. AHP processing generate road network as the most influential criterion which has 44% influence, followed by land-used which has 22% influence, the other criterion stand from 4%-10% influence. This research is planned to get three pipe route options with end-points as differentiator variable. After received the result of pipe routes, required to process suitability analysis refers to Pipe Instalation Standard 2004 and Spatial City Details Plan Surabaya City 2018-2038. Based on suitability analysis, the pipe route options require to be modified due to 14,0 % part of pipe route 2; and 7,4 % part of pipe route 3 intersect with settlement area. The intersection parts are moved to the closest road network because this area has the most influence in this research and refering to regulation. Last processing, the modified pipe routes are executed water pressure and water discharge simulation using watergems software and generated the most optimum pipe routes is route 3 which is able to stream 6.098 m water pressure and 71 l/s water discharge.

Kata kunci: *Analytical Hierarchy Process*; *Cost Path Analysis*; Jalur Pipa

Cara untuk sitasi: Luberta, S.K.I., Hapsari, H.H., & Nurwatik. (2024). Perencanaan Jalur Pipa Distribusi Sekunder PDAM Menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process* dan *Cost Path Analysis* (Studi Kasus : Kecamatan Gunung Anyar ke Zona 3 PDAM Surya Sembada). *Geoid*, 19(2), 311 - 325.

Pendahuluan

Instansi yang bertanggungjawab akan ketersediaan dan pelayanan air di Kota Surabaya ialah Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada. Cakupan kegiatan dari PDAM Surya Sembada adalah memproduksi air minum; mendistribusikan air minum kepada pelanggan; mendirikan, membangun, dan/atau mengelola instalasi pengolahan, serta jaringan distribusi air minum; dan melakukan usaha lain yang tidak bertentangan dengan peraturan perundang-undangan. Kegiatan distribusi air minum dilakukan dengan menggunakan jaringan pipa dari sumber air menuju bangunan/rumah pelanggan (Pemkot Surabaya, 2009).

PDAM Surya Sembada membagi Kota Surabaya menjadi 5 zona pelayanan. Zona 3 yang terdiri dari Kecamatan Semampir, Kecamatan Kenjeran, Kecamatan Simokerto, dan sekitarnya memiliki tekanan air dan debit air terendah jika dibandingkan dengan zona lainnya. Hal tersebut menyebabkan zona 3 belum dapat teraliri air secara penuh dan kontinu atau terus menerus.

Terkait penambahan ketersediaan air di zona 3, PDAM Surya Sembada merencanakan untuk memasang jaringan pipa distribusi sekunder baru berdiameter 0,5 m dari Kecamatan Gununganyar menuju zona 3 yang telah masuk di dalam *corporate plan* PDAM Surya Sembada 2019-2023. Kecamatan Gununganyar dipilih menjadi titik awal pemasangan pipa dikarenakan memiliki tekanan air tinggi (>20 m). Rencana tersebut belum terimplementasi dan direncanakan dapat selesai pada tahun 2023. Dalam penelitian ini dilakukan identifikasi jalur pipa paling optimum dengan mempertimbangkan beberapa kriteria sebagai masukan untuk PDAM Surya Sembada (PDAM Surya Sembada, 2019).

Dalam perencanaan jalur pipa optimum ini digunakan kriteria kelerengan, arah hadap lereng, penggunaan lahan, jaringan jalan, jaringan sungai, dan daerah rawan bencana yang mengacu pada penelitian sebelumnya (Wiharja, 2012) yang juga ditambahkan kriteria jenis tanah karena memiliki hubungan dengan potensi terjadinya erosi dan kekuatan tanah (Departemen PU, 2007). Kriteria daerah rawan bencana dalam penelitian ini digunakan jenis bencana banjir yang mengacu pada data olahan historis bencana di Kota Surabaya dan didapatkan hasil bahwa bencana banjir merupakan jenis bencana yang paling sering terjadi di Kota Surabaya (Direktorat Penataan Kawasan, 2016). Untuk menentukan bobot setiap kriteria digunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang dapat menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hierarki (Saaty, 2008). Pada penelitian sebelumnya milik Wiharja, 2012 berhasil membuat jalur pipa air baru untuk membandingkan dengan jalur eksistingnya menggunakan metode AHP dengan mempertimbangkan beberapa kriteria yang terdefinisi dan dikombinasikan dengan metode *Cost Path Analysis*. Penelitian tersebut mendapatkan hasil bahwa jalur pipa hasil pembuatan dengan metode *cost path analysis* lebih optimum secara spasial dibandingkan dengan jalur eksistingnya (Wiharja, 2012).

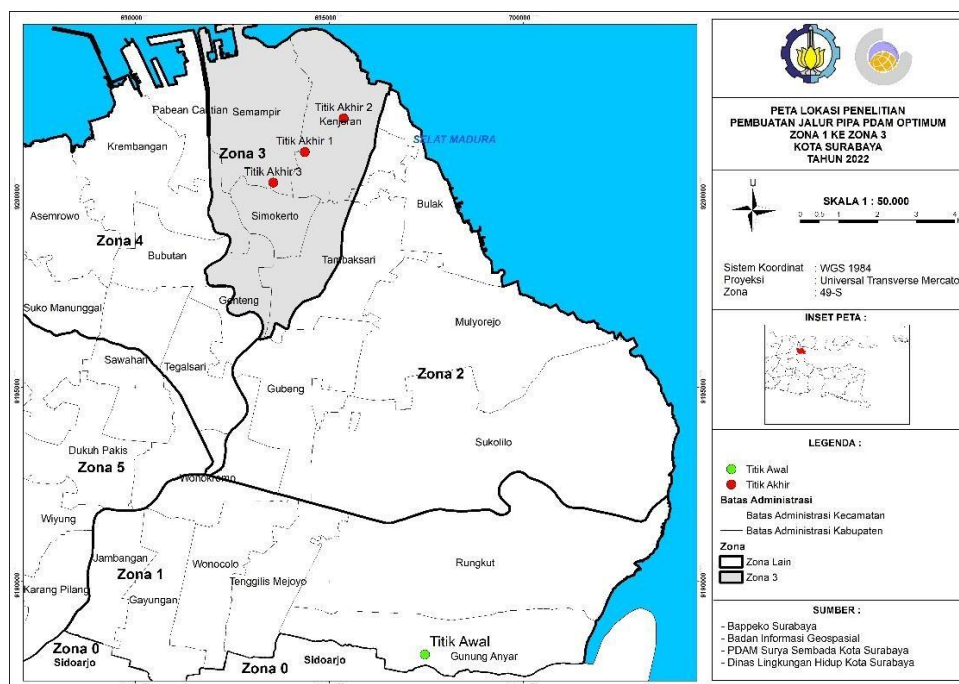
Penentuan bobot tiap kriteria AHP didasarkan pada hasil kuesioner yang diisi oleh pihak yang telah berpengalaman dalam perencanaan jalur pipa air yaitu PDAM Surya Sembada Surabaya, Dinas Sumber Daya Air Kota Surabaya, dan Akademisi. Setelah didapatkan bobot dari setiap kriteria dapat dilakukan eksekusi *cost path analysis* sehingga didapatkan jalur pipa baru optimum sesuai pertimbangan kriteria yang digunakan dan jarak terpendek. Penelitian ini direncanakan memberi beberapa pilihan jalur pipa dengan variabel pembeda berada pada *input* titik akhir yaitu sebanyak 3. Ketiga pilihan jalur pipa ini dilakukan simulasi tekanan air dan debit air menggunakan *software* waterGems untuk mengetahui tekanan air dan debit air yang mampu dihasilkannya (Kurniawan, 2018).

Data dan Metode

Penelitian ini dilakukan dengan wilayah studi pada Zona 3 Pelayanan PDAM Surya Sembada yang meliputi Kecamatan Semampir, Kecamatan Kenjeran, Kecamatan Simokerto, dan sekitarnya serta berada antara $7^{\circ}16'6'' - 7^{\circ}11'38''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}44'14'' - 112^{\circ}46'49''$ Bujur Timur. Titik akhir jalur pipa direncanakan berada di 3 Kelurahan yaitu Kelurahan Sidotopo Wetan, Kecamatan Kenjeran; Kelurahan Bulak Banteng, Kecamatan Kenjeran; dan Kelurahan Sidotopo, Kecamatan Semampir. Sedangkan titik awal perencanaan jalur pipa ini berada pada Kelurahan Gununganyar, Kecamatan Gununganyar yang berada pada zona 1 pelayanan PDAM Surya Sembada.

Untuk data yang digunakan dalam perencanaan jalur pipa PDAM ini adalah sebagai berikut.

1. Hasil pengisian kuesioner AHP kriteria daerah optimum jalur pipa
2. Data tabular pemakaian air zona 3 pelayanan PDAM Surya Sembada Surabaya
3. Data Jaringan Pipa PDAM Surya Sembada Surabaya skala 1:5.000
4. *Digital Elevation Model* (DEM) 8m Kota Surabaya dari Badan Informasi Geospasial (BIG)
5. *Shapefile* Penggunaan Lahan Kota Surabaya Skala 1:5.000 dari Bappeko Surabaya
6. *Shapefile* Jaringan Jalan Kota Surabaya skala 1:5.000 dari Bappeko Surabaya
7. *Shapefile* Jaringan Sungai Kota Surabaya skala 1:5.000 dari Bappeko Surabaya
8. Peta Jenis Tanah Kota Surabaya skala 1:50.000 dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK) Kota Surabaya
9. Peta Daerah Rawan Bencana Banjir Surabaya Skala 1:25.000 dari Dokumen RTRW Kota Surabaya 2014-2034
10. *Digital Terrain Model* (DTM) 40 cm Kota Surabaya yang diturunkan dari pengolahan LiDAR tahun 2016 yang didapatkan dari Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Kota Surabaya



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Bobot tiap kriteria dalam pembuatan jalur optimum pipa PDAM didasarkan pada hasil pembobotan AHP. Kriteria yang digunakan adalah kelereng, arah hadap lereng, penggunaan lahan, jaringan jalan, jaringan sungai, daerah rawan bencana banjir, dan jenis tanah dalam bentuk *raster*. Pembobotan AHP didapatkan berdasarkan pengisian kuesioner perbandingan berpasangan antar kriteria dan sub-kriteria yang diisi oleh pihak dari PDAM Surya Sembada, Dinas Sumber Daya Air Kota Surabaya, dan Akademisi. Pengolahan kuesioner dilakukan dengan menggunakan software *expert choice* dengan syarat *Consistency Ratio* $< 0,1$ agar hasil

pembobotan bobot dapat digunakan.

Setelah didapatkan hasil bobot setiap kriteria dan skor sub-kriteria, kemudian dapat dilakukan pembuatan jalur pipa optimum menggunakan metode *cost path analysis*. Pengolahan yang dilakukan meliputi *cost surface*, *cost distance*, *cost backlink*, dan *cost path analysis*.

1. *Cost surface*, menunjukkan total dari daerah – daerah atau area yang mempunyai karakteristik tertentu kaitannya pada pengaruh untuk keberadaan jalur pipa yang akan dibuat. *Cost Surface* dilakukan dengan menggunakan *weighted overlay tool* berdasarkan bobot dan skor tiap kriteria dan sub-kriteria yang mengacu pada persamaan.

$$Cs = \sum \text{bobot} \times \text{skor} \tag{1}$$

Dengan, $Cs = \text{cost surface}$

2. *Cost distance*, input yang digunakan dalam *cost distance* ialah data hasil *cost surface* dan lokasi titik awal. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui biaya akumulasi terkecil tiap unit jarak dari seluruh grid menuju titik awal. Akumulasi nilai *cost distance* ini adalah

$$\text{Costd } n = a1 + an \tag{2}$$

Dengan,

$\text{Costd } n = \text{akumulasi nilai } \text{cost distance}$; $a1 = \text{nilai } \text{cost}$ piksel sebelumnya; $an = \text{nilai } \text{cost}$ piksel

3. *Cost backlink*, Analisis *cost backlink* mengkalkulasi piksel kembali menuju sumber. Dalam *cost backlink*, data input yang digunakan ialah data *cost surface* dan titik akhir pipa. *Cost backlink* digunakan untuk penentu arah dari jalur pipa yang akan dibuat. Proses ini mengidentifikasi sel tetangga tiap sel (8 arah) kalkulasi *cost* dan dipilih sel yang memiliki *cost* terkecil.
4. *Cost path analysis*. Dari analisis ini tercipta jalur yang terdiri dari piksel – piksel yang mempunyai *cost* terkecil dan jarak terpendek. Hasil dari ini yang menjadi rekomendasi jalur pipa.

Hasil pembuatan jalur pipa ini kemudian dilakukan analisis kesesuaian yang mengacu pada SNI Tata Cara Pengadaan, Pemasangan, Pengujian pipa PVC untuk ketersediaan air Tahun 2004 dan Rencana Detail Tata Ruang dan Peraturan Zonasi Kota Surabaya Tahun 2018-2038. Analisis kesesuaian diterima jika jalur pipa sudah tidak melalui kawasan yang dilarang atau tidak dianjurkan untuk jalur pipa. Jika belum dapat diterima, dilakukan proses modifikasi jalur pipa dengan menggeser bagian jalur pipa yang berada pada area terlarang atau area yang tidak dianjurkan menuju area paling optimum untuk jalur pipa.

Hasil dan Pembahasan

Dalam penentuan jalur pipa PDAM Optimum ini menggunakan beberapa kriteria yang dalam penentuan bobot didasarkan pada hasil pengolahan Kuesioner AHP. Dari pengolahan AHP, didapatkan bobot tiap kriteria pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil pembobotan tiap kriteria AHP

No	Kriteria	Bobot (%)
1	Kelerengan	9
2	Arah Hadap Lereng	10
3	Penggunaan Lahan	22
4	Jaringan Jalan	44
5	Jaringan Sungai	6
6	Daerah Rawan Bencana Banjir	4
7	Jenis Tanah	5
Total		100

Berdasarkan hasil pengolahan diatas, didapatkan nilai *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0,07. Nilai tersebut telah memenuhi syarat pengolahan AHP yaitu $CR < 0,1$ (Saaty, 2008). Kemudian, untuk hasil pemeringkatan skor sub-kriteria didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 2. Skor Sub-Kriteria

Kriteria	Sub-Kriteria	Skor
Kelerengan	0-2 %	1
	2-7 %	2
	8-13 %	3
	14-20 %	4
	21-55 %	5
	>56 %	6
Arah Hadap Lereng	0-22,5	3
	22,5-67,5	5
	67,5-112,5	7
	112,5-157,5	9
	157,5-202,5	8
	202,5-247,5	6
	247,5-292,5	4
	292,5-337,5	2
Penggunaan Lahan	337,5-360	1
	Fasilitas Umum / Gedung	2
	Kawasan Perairan	8
	Pemukiman	1
	RTH	3
	Sawah	7
	Semak Belukar	4
	Tanah Kosong	4
	Ladang/Tegalan	5
	Kebun	6
Jaringan Jalan	Jalan	1
	Bukan Jalan	5
	Rel Kereta	9
Jaringan Sungai	Sungai	9
	Bukan Sungai	1
Daerah Rawan Bencana Banjir	Kawasan Rawan Banjir	7
	Kawasan Tidak Rawan Banjir	3
	Banjir	
Jenis Tanah	Aluvial	4
	Gromosol	6

Setelah didapatkan bobot kriteria dan skor sub-kriteria, dapat dilakukan klasifikasi kriteria yang digunakan dalam penelitian ini.

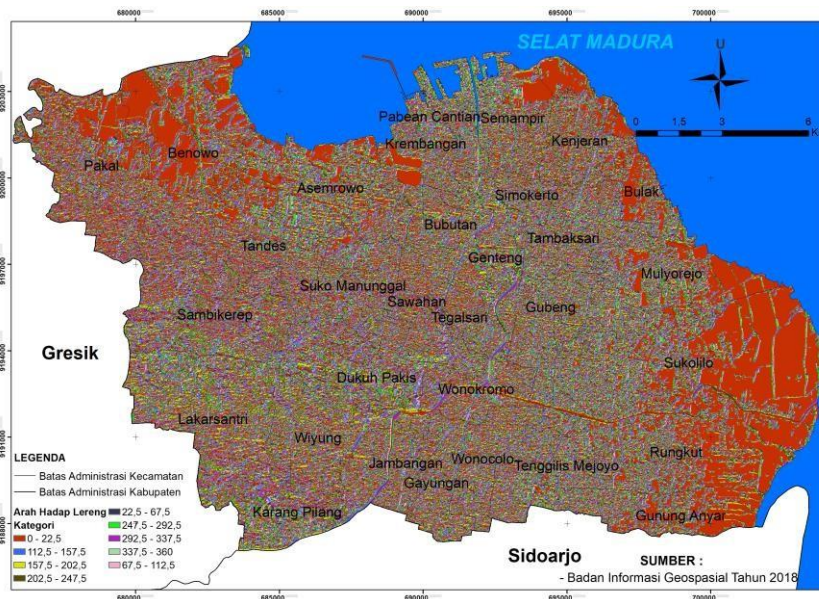
1. Kelerengan

Dari Gambar 2 diketahui bahwa sebagian besar wilayah kota Surabaya memiliki kelerengan pada interval 3-7 % yaitu seluas 18389,45 ha atau 56,0 % area Kota Surabaya. Sedangkan kelas kemiringan lahan Kota Surabaya paling sedikit ialah kelas > 20 % dimana hanya seluas 25,82 ha atau 0,08 % area Kota Surabaya.



Gambar 2. Hasil Pengolahan Kriteria Kelerengan

2. Arah Hadap Lereng

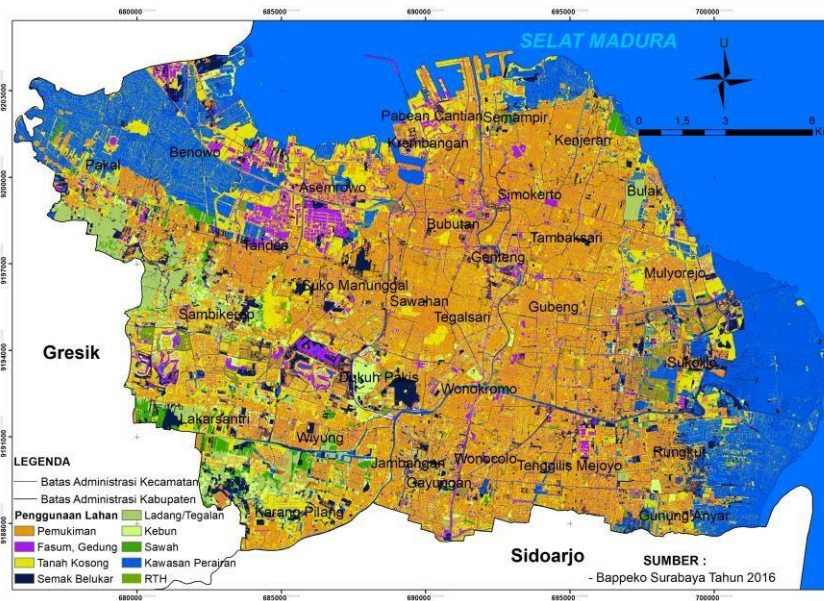


Gambar 3. Hasil Pengolahan Kriteria Arah Hadap Lereng

Gambar 3 menunjukkan arah hadap lereng yang arahnya sesuai dengan mata angin. Sebagian besar lereng mengarah ke utara (0° - $22,5^{\circ}$) dengan luas 10.361,745 ha atau 31,5 % area Kota Surabaya. Untuk arah hadap lereng Kota Surabaya dengan total luas terendah ialah arah $337,5^{\circ}$ – 360° dengan luas 891,325 ha atau 2,7 % area Kota Surabaya.

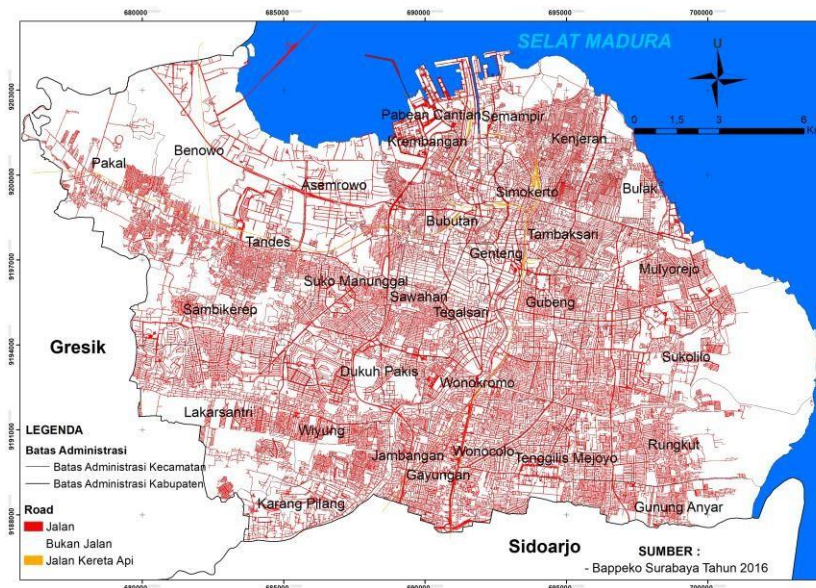
3. Penggunaan Lahan

Gambar 4 menjukkukan terdapat 9 jenis penggunaan lahan. Dapat diketahui bahwa sebagian besar wilayah Kota Surabaya masuk kedalam sub-kriteria Pemukiman seluas 9.497,786 ha atau 28,9 % area Kota Surabaya. Untuk sub-kriteria dengan luas terkecil ialah Sawah yaitu 415,309 ha atau 1,3 % area Kota Surabaya.



Gambar 4. Hasil Pengolahan Kriteria Penggunaan Lahan

4. Jaringan Jalan

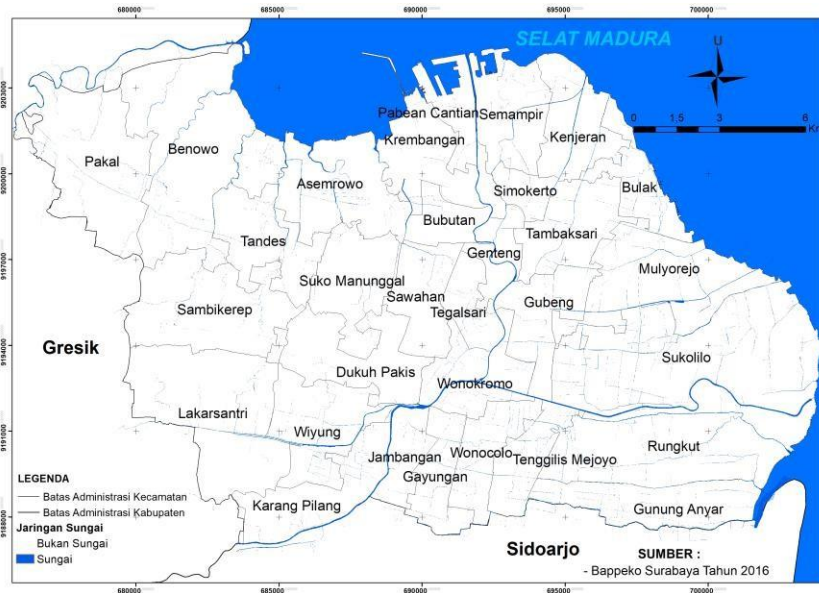


Gambar 5. Hasil Pengolahan Kriteria Jaringan Jalan

Dari Gambar 5 diketahui sub-kriteria jalan memiliki luas sebesar 2.204,611 ha atau 6,7 % area Kota Surabaya. Kemudian, untuk sub-kriteria Bukan Jalan memiliki luas 30.635,174 ha atau 93,2 % Kota Surabaya serta rel kereta hanya seluas 15,928 ha atau 0,05 %.

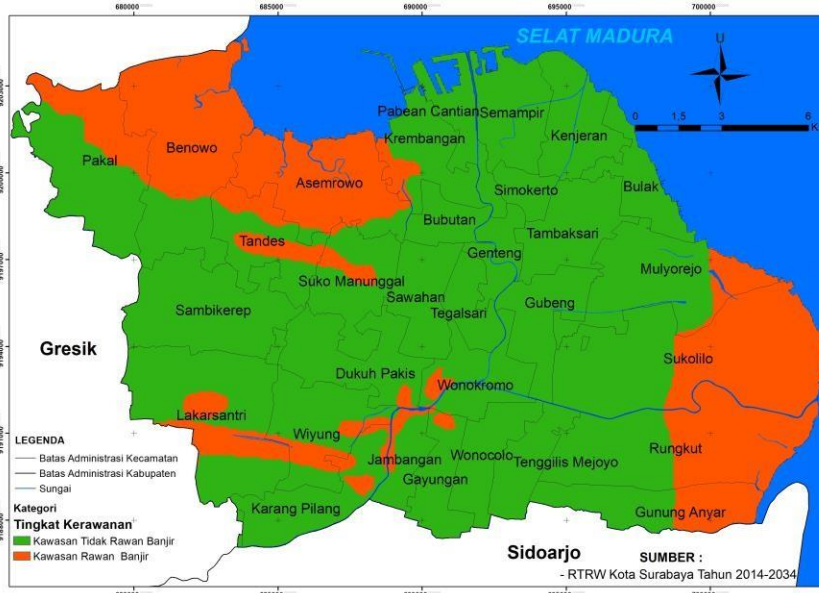
5. Jaringan Sungai

Dari Gambar 6 diketahui sub-kriteria sungai memiliki luas sebesar 479,752 ha atau 1,5 % area Kota Surabaya. Kemudian, untuk sub-kriteria Bukan Sungai memiliki luas 32.375,962 ha atau 98,5 % Kota Surabaya.



Gambar 6. Hasil Pengolahan Kriteria Jaringan Sungai

6. Daerah Rawan Bencana Banjir

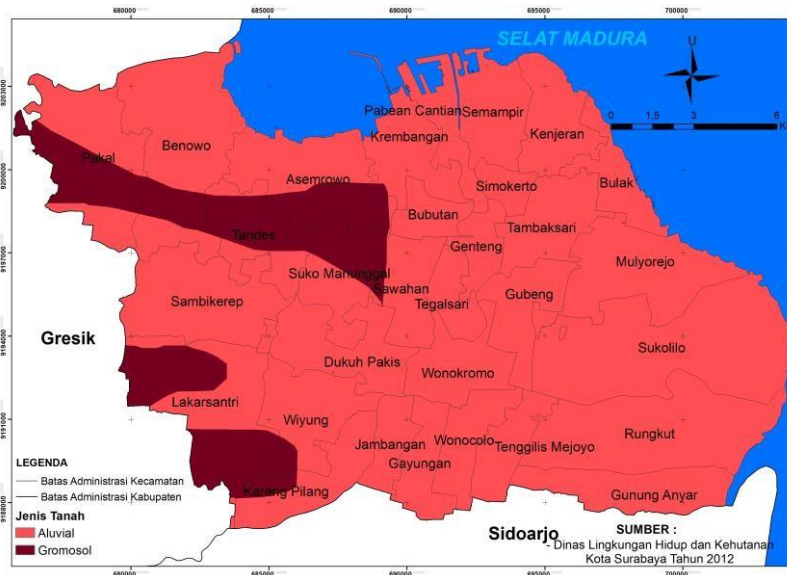


Gambar 7. Hasil Pengolahan Kriteria Daerah Rawan Bencana Banjir

Dari Gambar 7 diketahui bahwa 9.187,826 ha atau 28,0 % area Kota Surabaya merupakan kawasan rawan banjir, sedangkan sisanya merupakan kawasan tidak rawan banjir sebesar 23.667,887 ha atau 72,0 % luas Kota Surabaya.

7. Jenis Tanah

Berdasarkan gambar 8 diketahui sebagian besar wilayah Kota Surabaya merupakan jenis tanah alluvial dengan luas total sebesar 28.733,755 ha atau 87,5 % area Kota Surabaya, sedangkan sisanya merupakan jenis tanah gromosol yaitu 4121,958 ha atau 12,5 % luas Kota Surabaya.



Gambar 8. Hasil Pengolahan Kriteria Jenis Tanah

Setelah dilakukan pengolahan kriteria, selanjutnya dapat dilakukan pembuatan jalur pipa menggunakan metode *cost path analysis* sebagai berikut.

1. *Cost Surface*

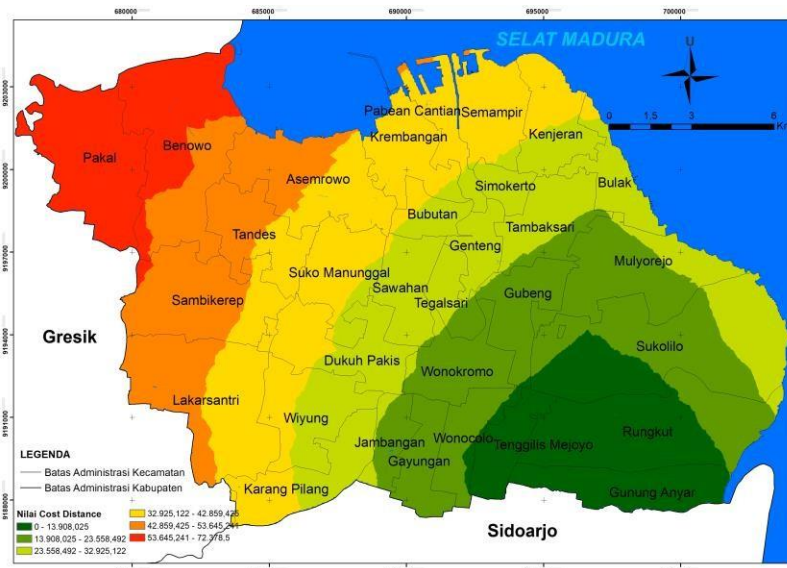


Gambar 9. Hasil *Cost Surface*

Dapat terlihat pada Gambar 9 bahwa hasil *cost surface* terdiri dari 6 kelas. Semakin kecil nilai *cost surface*, maka akan semakin optimum sebagai lokasi pemasangan pipa PDAM. Sebagian besar wilayah Kota Surabaya memiliki nilai *cost surface* 3 dengan total luas wilayah 15.531,131 ha atau 47,5 % area Kota Surabaya. Sedangkan untuk nilai *cost surface* dengan luas area terkecil ialah *cost surface* 6 seluas 14,434 ha atau 0,04 % area Kota Surabaya.

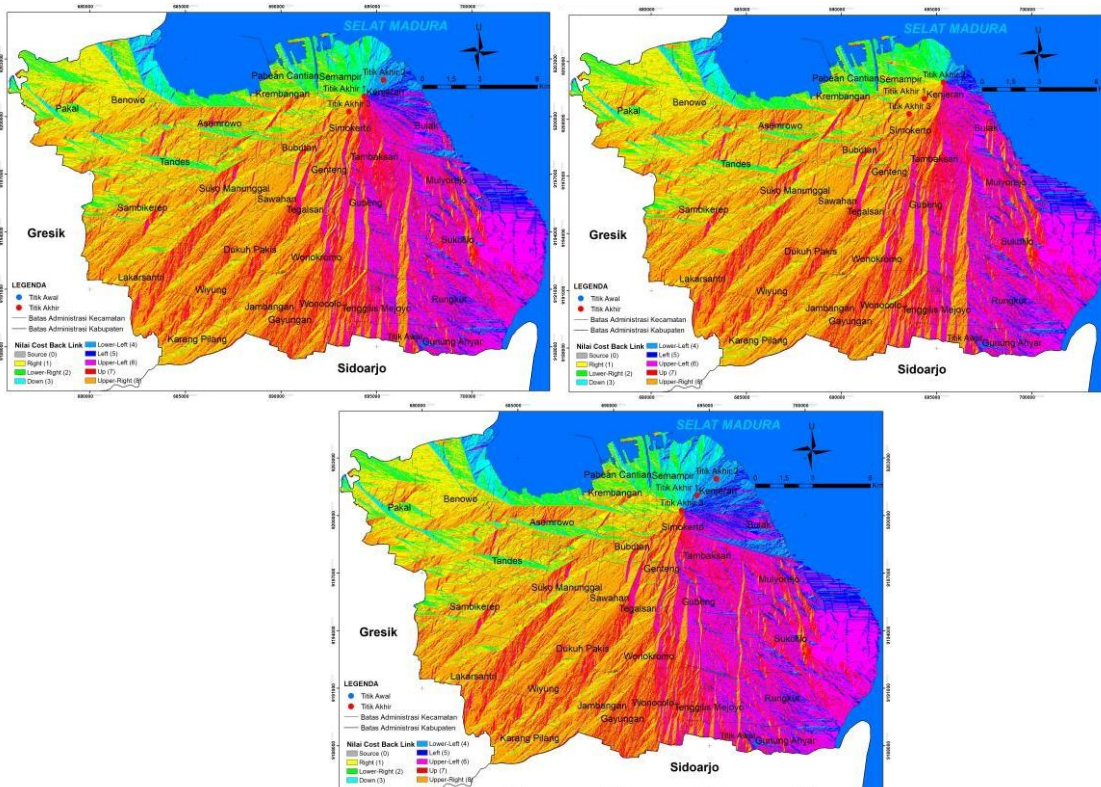
2. *Cost Distance*

Adapun *range* nilai *cost distance* berkisar antara 0 hingga 72.378,5 yang diklasifikasikan menjadi 6 kelas dengan kelas terluas ialah kelas 3 dengan persentase 21,9 %. Sedangkan untuk kelas terendah ialah kelas ke-6 dengan luas 9,6 % area Kota Surabaya.



Gambar 9. Hasil Cost Distance

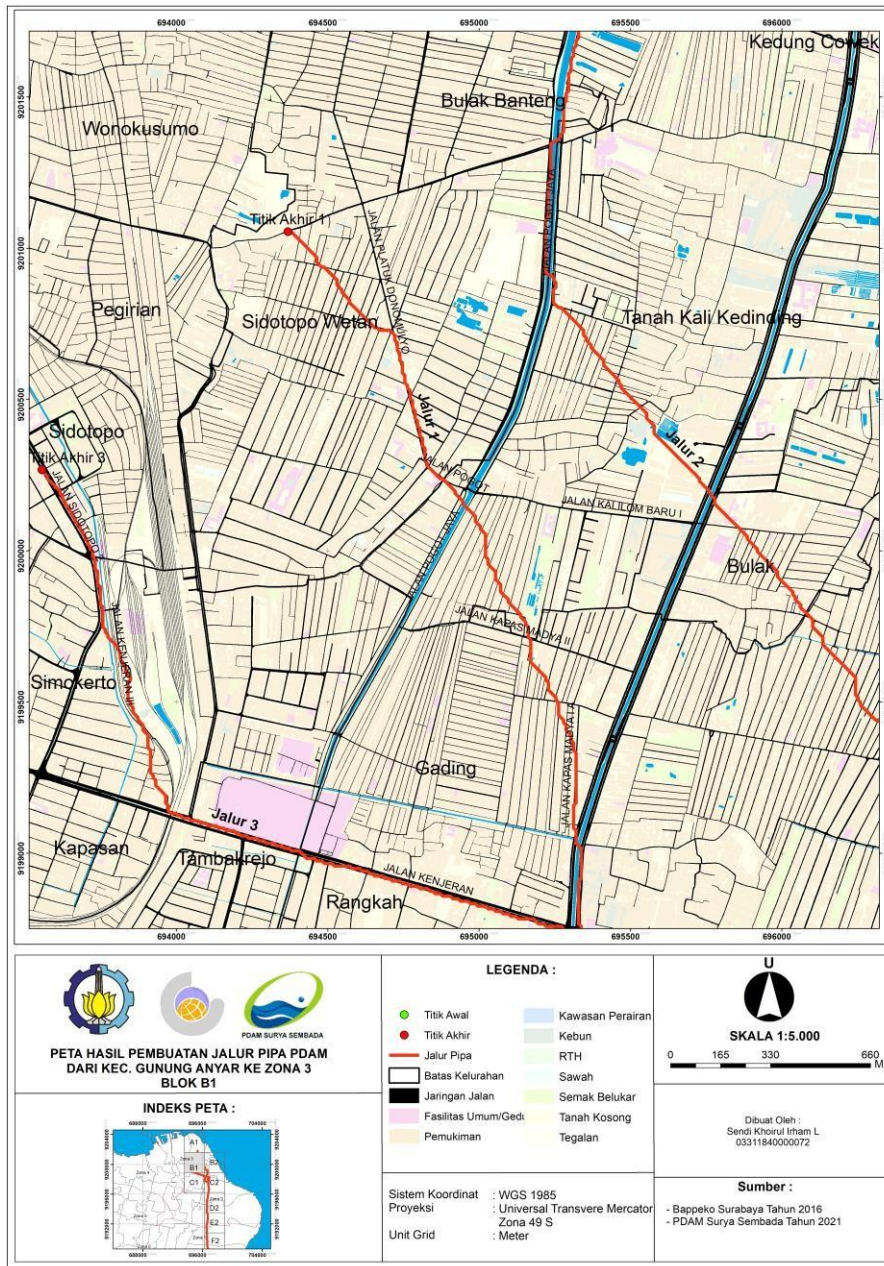
3. Cost Backlink



Gambar 10. Kiri ke kanan dan atas ke bawah : Hasil cost backlink 1, cost backlink 2, dan cost backlink 3

Input yang digunakan ialah data *cost surface* dan titik akhir pipa. Karena dalam penelitian ini terdapat 3 titik akhir, maka pengolahan *cost backlink* dilakukan sebanyak 3 kali dengan hasil berbeda. Untuk ketiga pengolahan *cost backlink* menunjukkan hasil yang relatif mirip. Kelas *cost backlink* untuk ketiga hasil sebagian besar mengarah ke timur laut (warna oren) untuk masing-masing hasil *cost backlink* 1, *cost backlink* 2, dan *cost backlink* 3 ialah sebesar 30,0 %; 32,4 %; dan 28 %.

4. Hasil Pembuatan Jalur Pipa Cost Path Analysis



Gambar 11. Hasil Pembuatan Jalur Pipa Menggunakan Metode Cost Path Analysis

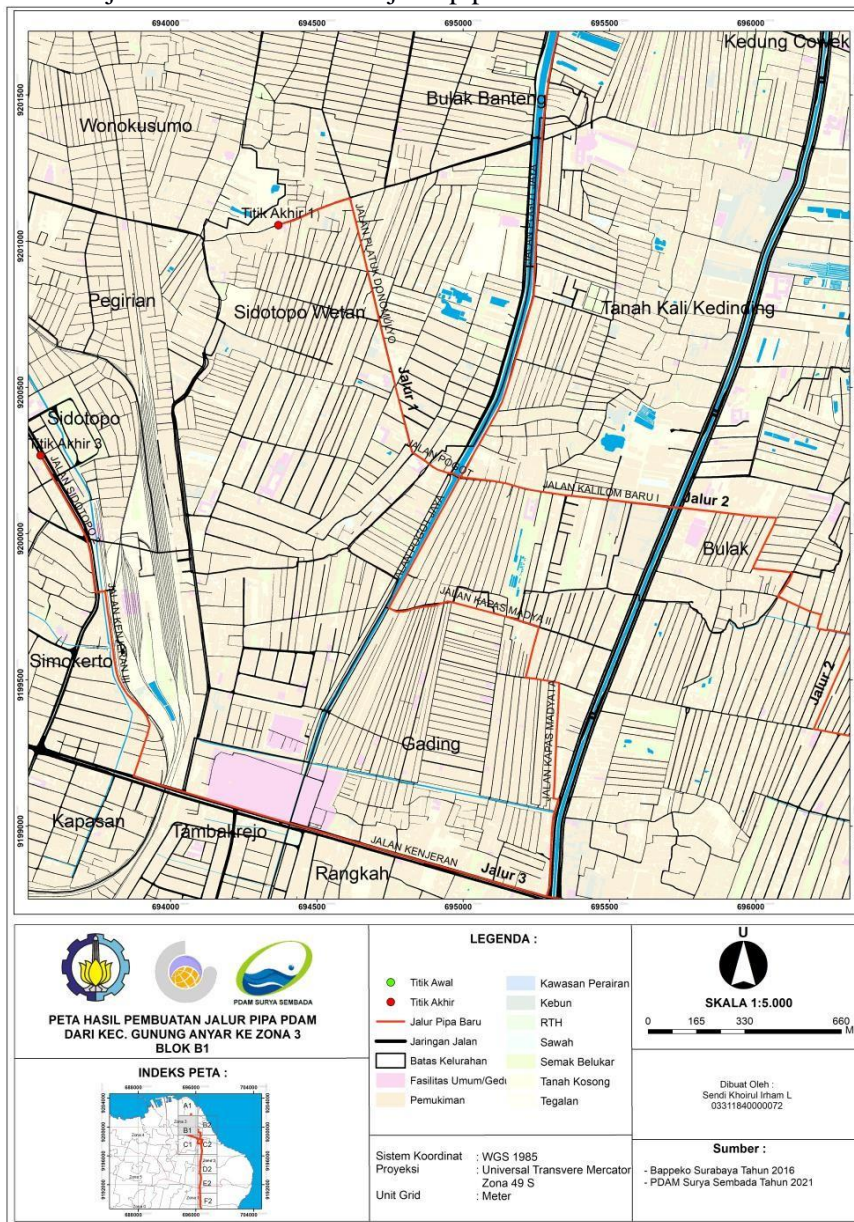
Peta hasil pembuatan jalur pipa ini ditampilkan dengan skala 1:5000 yang dapat digunakan sebagai rekomendasi untuk PDAM Surya Sembada agar dapat melihat kondisi lapangan secara riil berdasarkan peta ini. Hasil peta ini terdiri dari 8 blok layout peta skala 1:5.000 dengan sampel pada gambar 14. Jalur 1 yang bertitik akhir di Jalan Kedung Mangu, Kelurahan Sidotopo Wetan, Kecamatan Kenjeran merupakan jalur terpendek yaitu 15,214 km. Sedangkan jalur 2 yang bertitik akhir di Jalan Tambakwedi Timur, Kelurahan Bulak Banteng, Kecamatan Kenjeran merupakan jalur terpanjang yaitu sepanjang 15,587 km. Adapun jalur 3 yang bertitik akhir di Jalan Sidotopo Lor, Kelurahan Sidotopo, Kecamatan Semampir memiliki panjang 15,280 km. Meski demikian, selisih panjang antar jalur tidak terpaut jauh.

Berdasarkan hasil pembuatan jalur pipa optimum tersebut terdapat beberapa bagian jalur pipa yang *intersect* dengan pemukiman. Jika dijumlahkan setiap bagian jalur pipa yang *intersect* dengan pemukiman didapatkan

jalur 1 sepanjang 1,923 km; jalur 2 sepanjang 2,188 km; dan jalur 3 sepanjang 1,136 km. Sehingga jika benar diimplementasikan akan membutuhkan pembebasan tanah untuk keperluan pembangunan jaringan pipa. Adapun pembebasan tanah yaitu kegiatan untuk mendapatkan tanah dengan cara memberikan ganti rugi kepada yang berhak atas tanah tersebut belum diatur secara rinci dalam UUPA (Hutagalung, 2005).

Untuk itu, jalur pipa hasil pemodelan tersebut perlu dimodifikasi agar dapat digunakan sebagai masukan untuk PDAM Surya Sembada secara lebih riil. Karena pemasangan pipa paling optimum berdasarkan pembobotan AHP ialah mengikuti jaringan jalan serta mengacu pada SNI Tata Cara Pengadaan, Pemasangan, Pengujian pipa PVC Untuk Ketersediaan Air Tahun 2004 (Departemen PU, 2004) dan Rencana Detail Tata Ruang dan Peraturan Zonasi Kota Surabaya Tahun 2018-2038 (Walikota Surabaya, 2018) yang tertera bahwa jaringan perpipaan baru di seluruh wilayah Unit Pengembangan (UP) pengembangannya diarahkan mengikuti koridor jalan maka dalam modifikasi jalur ini dilakukan dengan menggeser pipa-pipa yang memotong pemukiman ke jaringan jalan terdekat.

Adapun Gambar 11 menunjukkan hasil modifikasi jalur pipa.



Gambar 11. Hasil Modifikasi Jalur Pipa

Tabel 3. Panjang Jalur Pipa Setelah Modifikasi

No	Jalur	Panjang (km)		Selisih sesudah dengan sebelum (km)
		Sebelum Modifikasi	Setelah Modifikasi	
1	Jalur 1	15,214	15,935	0,721
2	Jalur 2	15,587	16,812	1,225
3	Jalur 3	15,280	15,198	-0,082

Dari tabel 3 diketahui bahwa jalur 2 ialah jalur terpanjang yaitu 16,812 km serta memiliki selisih terbesar dari jalur sebelumnya sebesar 1,225 km. Sedangkan jalur terpendek ialah jalur 3 sepanjang 15,198 km yang lebih pendek 0,082 km nilainya dari sebelum dilakukan modifikasi. Adapun sebagian besar jalur pipa telah berada pada jaringan jalan yang ditunjukkan pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Persentase Jaringan Jalan yang Dilalui Jalur Pipa

No	Jalur	Persentase (%)	
		Jalan	Bukan Jalan
1	Jalur 1	98,2	1,8
2	Jalur 2	98,0	2,0
3	Jalur 3	98,2	1,8

Jalur pipa hasil modifikasi ini selanjutnya dilakukan simulasi tekanan air dan debit air menggunakan software *WaterGems* untuk mengetahui kapasitas air yang mampu dihasilkannya. Tabel 5 menunjukkan tekanan air yang mampu dihasilkan oleh tiap jalur pipa.

Tabel 5. Tekanan Rata-rata yang Dihasilkan Jalur Pipa

No	Jalur	P rata-rata (m)
1	Jalur 1	6,095
2	Jalur 2	5,993
3	Jalur 3	5,856

Berdasarkan Tabel 4, dapat diketahui bahwa jalur 1 mampu menghasilkan tekanan rata-rata paling besar jika dibandingkan jalur lainnya yaitu sebesar 6,095 m. Tekanan terkecil dihasilkan oleh jalur 3 yaitu sebesar 5,856 m. Mengacu pada target ketersediaan air PDAM Surya Sembada ialah sebesar 2 m dalam distribusi air (PDAM Surya Sembada, 2019), maka ketiga pilihan jalur pipa sudah memenuhi target tekanan air yang ditetapkan PDAM Surya Sembada. Kemudian, untuk debit air tambahan yang mampu dihasilkan tiap jalur pipa adalah sebagai berikut.

Tabel 6. Debit Air Tambahan yang Dihasilkan Jalur Pipa

No	Jalur	Debit Tambahan (l/s)
1	Jalur 1	77
2	Jalur 2	75
3	Jalur 3	47

Dari Tabel 6, diketahui bahwa jalur 1 membawa debit air tambahan paling banyak jika dibandingkan dengan jalur lainnya yaitu sebanyak 77 l/s. Debit air tambahan jalur 1 berbeda sedikit dengan debit air tambahan yang dibawa oleh jalur 2 yaitu sebanyak 75 l/s. Sedangkan jalur 3 mampu menghasilkan debit air tambahan paling sedikit yaitu 47 l/s yang berbeda jauh jika dibandingkan dengan debit air tambahan yang mampu dihasilkan jalur 1 dan jalur 2.

Berdasarkan perhitungan kebutuhan air di zona 3 dengan mengacu pada Standar Kebutuhan Air dari Ditjen Cipta Karya PU, didapatkan kekurangan debit air di zona 3 ialah sebesar 151,723 l/s (Ditjen Cipta Karya PU, 1996). Hal ini menandakan bahwa debit air yang mampu dihantarkan ketiga pilihan jalur pipa belum dapat

memenuhi hal kekurangan kebutuhan air zona 3. Meski tidak dapat menuntaskan kebutuhan kekurangan air di zona 3 secara keseluruhan, tetapi jalur pipa yang direncanakan mampu mereduksi kekurangan air. Hasil ini telah didiskusikan dengan pihak PDAM Surya Sembada, untuk menuntaskan permasalahan kebutuhan air dan meningkatkan sesuai dengan standar tidak dapat dipecahkan dengan satu proyek saja melainkan dibutuhkan integrasi dari beberapa proyek. Pembuatan jalur pipa baru dengan titik awal di Kecamatan Gunung Anyar merupakan salah satu *tool*-nya. Dalam hal ini, bisa dilakukan dengan integrasi beberapa rencana/program seperti pemasangan pipa baru menuju zona 3 dari beberapa sumber dan investasi reservoir/sumber air yang dekat atau berada di zona 3. Adapun untuk memaksimalkan suplai air pada pipa baru, juga dapat dilakukan menambah suplai air pada titik awal jalur pipa yaitu di Gununganyar.

Berdasarkan hasil simulasi tekanan dan debit air menggunakan *software watergems* dapat disimpulkan bahwa jalur 1 ialah jalur paling optimum, jalur 1 memiliki tekanan dan debit air yang paling besar jika dibandingkan dengan jalur lain yaitu untuk tekanan dan debit air rata-ratanya sebesar 6,095 m dan 77 l/s. Sedangkan yang memiliki tekanan dan debit air rata-rata paling rendah ialah jalur 3 sebesar 5,856 m dan 47 l/s untuk masing-masing tekanan dan debit air rata-ratanya.

Kesimpulan

Pengolahan AHP menghasilkan bobot 44% untuk kriteria jaringan jalan, 22% untuk kriteria penggunaan lahan, 10% untuk kriteria arah hadap lereng, 9% untuk kriteria kelerengan, 6% untuk kriteria jaringan sungai, 5% untuk kriteria jenis tanah, dan 4% untuk daerah rawan bencana banjir. Bobot tiap kriteria ini digunakan sebagai input pembuatan jalur pipa dengan metode cost path analysis. Hasil pembuatan jalur pipa terdapat bagian jalur yang *intersect* dengan pemukiman untuk jalur 1, jalur 2, dan jalur 3 masing-masing persentasenya sebesar 12,6 %; 14,0 %; dan 7,4 % dari total panjang jalurnya. Untuk itu perlu dilakukan modifikasi hasil pembuatan jalur pipa agar dapat lebih sesuai untuk diimplementasikan dengan menggeser ke jaringan jalan terdekat. Untuk jalur paling optimum ialah jalur 1 dengan tekanan dan debit air yang paling besar jika dibandingkan dengan jalur lain yaitu untuk tekanan dan debit air rata-ratanya sebesar 6,095 m dan 77 l/s. Sedangkan jalur 3 memiliki tekanan dan debit air terkecil yaitu masing-masing sebesar 5,856 m dan 47 l/s.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, Dinas Sumber Daya Air Kota Surabaya yang telah membantu dan mendukung penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Departemen PU. (2004). *SNI Tata Cara Pengadaan, Pemasangan, dan Pengujian Pipa PVC Untuk Penyediaan Air Minum*. Departemen PU.
- Departemen PU. (2007). *pedoman Kriteria Teknis Kawasan Budidaya Peraturan Mmenteri Pekerjaan Umum No. 41/PRT/M/2007*. Direktorat Penataan Ruang.
- Direktorat Penataan Kawasan. (2016). *Kota Surabaya Menuju Kota Tangguh Bencana dan Berketahanan Perubahan Iklim*. Direktorat Penataan Kawasan.
- Ditjen Cipta Karya PU. (1996). *Kriteria Perencanaan*. Dirjen Cipta Karya.
- Hutagalung, A. (2005). *Tebaran Pemikiran Seputar Masalah Hukum Tanah*. Lembaga Pemberdayaan Hukum Indonesia.
- Kurniawan, D. C. (2018). *Studi Perencanaan Distribusi Air Bersih di Kecamatan Lumbang Kabupaten Pasuruan Menggunakan Program Watergems v81*. Universitas Brawijaya.
- PDAM Surya Sembada. (2019). *Corporate Plan PDAM Surya Sembada 2019-2023*. PDAM Surya Sembada. Pemkot Surabaya.
- (2009). *Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 2 Tahun 2009 Tentang Perusahaan Daerah Air Minum*. Pemkot Surabaya.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>

- Walikota Surabaya. (2018). *Perda Kota Surabaya No. 8 Tahun 2018 tentang Rencana Detail Tata Ruang Dan Peraturan Zonasi Kota Surabaya Tahun 2018-2038*. Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman, Cipta Karya dan Tata Ruang Kota Surabaya.
- Wiharja, D. (2012). Analisis Perbandingan Jalur Pipa Transmisi PDAM Eksisting Dengan Metode Least Cost Path di Kabupaten Sleman. *UGM*.



This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).