

PENENTUAN LOKASI OPTIMUM JALUR PIPA PDAM BARU DENGAN METODE *LEAST COST PATH* SERTA ANALISIS DEBIT DAN TEKANAN AIRNYA DI KECAMATAN GAMPING DAN SEKITARNYA

Tegar Adi Purwanto
(tegar.adi.p@mail.ugm.ac.id)
Nur M. Farda
(farda@geo.ugm.ac.id)

Abstract

PDAM Sleman developed pipeline network through Regional Water Supply System Kartamantul Program in District Gamping and its surrounding areas. This study is conducted to determine the optimal path, discharge analysis and water pressure. Least Cost Path combined with Analytic Heirarchy Process is used for weighting parameters. Alos imagery is used to update land use, roads, and rivers data. Analysis related to the discharge and the water pressure is performed using Hazen-Williams formula, Major Losses, and Minor Losses. Result shows optimum path to the total number of pixels 1333 pixels or with a ± 17764.15 m and has an error of 1.7%. Result was acceptable given the scale of analysis which is based on 1: 25,000 scale. Maximum discharge over a period of time of usage at peak hours with 36.4 Liters Per Second. The greatest pressure is 78.11 m and the lowest is 1.08 m.

Keywords: Least Cost Path, Analytic Heirarchy Process, Alos Imagery, Discharge and Water Pressure.

Abstrak

PDAM Sleman mengembangkan jaringan pipa melalui program Sistem Penyediaan Air Minum Regional Kartamantul, yaitu di Kecamatan Gamping dan sekitarnya. Penelitian ini bertujuan menentukan jalur optimalnya dan analisis debit serta tekanan airnya. Metode yang digunakan yaitu *Least Cost Path* dikombinasikan dengan *Analytic Heirarchy Process* dalam penentuan bobot parameternya. Citra Alos menjadi salah satu sumber data yang digunakan untuk informasi penggunaan lahan, jaringan jalan, dan sungai. Analisis terkait debit dan tekanan air dilakukan menggunakan rumus Hazen-Williams, *Mayor Losses*, dan *Minor Losses*. Hasil penelitian menunjukkan jalur optimum dengan total jumlah piksel 1.333 piksel atau dengan panjang $\pm 17764,15$ meter dan mempunyai error sebesar 1,7%. Hasil tersebut dapat diterima mengingat skala analisis yang berdasar pada skala 1:25.000. Hasil analisis debit dan tekanan air didapatkan nilai maksimal debit dalam satu periode waktu pemakaian pada jam puncak yaitu sebesar 36,4 Liter Per Detik. Hasil analisis tekanan paling besar 78,11 m dan paling rendah 1,08 m.

Kata Kunci : *Least Cost Path*, *Analytic Heirarchy Process*, Citra Alos, Debit dan Tekanan Air.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Air merupakan hal yang sangat penting dalam kehidupan, karena tanpa adanya air makhluk hidup tidak akan mampu hidup, begitu halnya dengan manusia yang sangat tergantung kepada air, terutama air bersih yang dikonsumsi untuk minum demi memenuhi kebutuhan tubuh. Air minum menurut Peraturan Menteri No. 18 Tahun 2007 Pasal 1 ayat 2 adalah air minum rumah tangga yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Peraturan Menteri tersebut secara umum mengatur tentang penyelenggaraan

pengembangan sistem penyediaan air minum, karena memang kebutuhan akan air minum sangat dibutuhkan pada daerah-daerah yang kondisi air tanahnya kurang baik.

Pengembangan jaringan pipa air bersih dilakukan juga oleh instansi PDAM Sleman melalui program SPAM (Sistem Penyediaan Air Minum) regional kartamantul (Yogyakarta, Sleman, dan Bantul) yang tertuang dalam dokumen pra *design engineering* detail SPAM Regional 2014, untuk melayani 3 unit pelayanan yaitu Unit Gamping, Sidomoyo, dan Godean Moyudan secara interkoneksi yang langsung menyambung ke jaringan eksistengnya. Berdasarkan dokumen tersebut maka penelitian

ini dilakukan untuk dapat menentukan jalur pipa PDAM optimumnya.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan dalam pembuatan jalur pipa PDAM sehingga dalam penelitian ini menerapkan metode yang pernah di teliti yaitu dengan metode *least cost path* di kombinasikan dengan *analytic hierarchy process* dalam penentuan bobotnya. Pemilihan model ini dikarenakan metode *least cost path* mampu menghasilkan rute baru sehingga tidak tergantung dari jaringan yang sudah ada, berdasarkan dari kondisi medan yang di jadikan sebagai parameter. Hal tersebut tentu akan efektif mengingat yang akan di buat merupakan jaringan pipa PDAM baru.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui jalur pipa transmisi PDAM yang optimum dalam melayani konsumen.
2. Mengetahui debit dan tekanan air yang dapat di hasilkan dari rute baru tersebut.

METODE PENELITIAN

Pemilihan Lokasi Penelitian.

Lokasi yang menjadi kajian dalam penelitian ini yaitu di Kecamatan Gamping dan sekitarnya, meliputi kecamatan di sekelilingnya. Pemilihan lokasi tersebut didasarkan pada rencana pengembangan pipa PDAM Sleman, bersumber dari Sungai Progo yang di pompa ke reservoir di wilayah Kabupaten Bantul tepatnya di Dusun Guwo, Desa Triwidadi, Kecamatan Pajangan, Kabupaten Bantul.

Tahap Pra Lapangan

Peta Kemiringan Lereng dan Arah Hadap Lereng

Pembuatan peta lereng dan arah hadap lereng bersumber dari data kontur peta Rupabumi Indonesia yang kemudian digunakan sebagai data pembuatan DEM. DEM tersebut yang menjadi dasar untuk menurunkan informasi menjadi kemiringan lereng dan arah hadap lereng. DEM di uji untuk mengetahui kualitas dari DEM yang dihasilkan dari hasil pengolahan menggunakan *topo to raster* dalam software *arcgis 10.1* agar dapat di ketahui Peta Kemiringan Lereng dan Arah Hadap Lereg dapat di terima untuk analisis selanjutnya.

Hasil penurunan informasi kemiringan lereng dan arah hadap lereng tersebut kemudian dikelaskan sesuai dengan Tabel 1.0 dan Tabel 1.1.

Tabel 1.0. Klasifikasi Arah Hadap Lereng

No.	Arah hadap lereng
1	Utara
2	Timur Laut
3	Timur
4	Tenggara
5	Selatan
6	Barat Daya
7	Barat
8	Barat Laut

Sumber. Harimurti, 2011

Tabel 1.1. Klasifikasi Kemiringan Lereng

No.	Kemiringan lereng (%)
1	0 – 0,9
2	1 – 3
3	3,1 – 8
4	8,1 – 15
5	15,1 – 30
6	30,1 – 45
7	45,1 – 65
8	>65

Sumber. Reswari dalam Harimurti, 2011.

Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik dilakukan untuk data citra Alos AVNIR-2 mengingat data tersebut yang belum terkoreksi secara geometri sementara untuk data citra Alos PRISM sudah terkoreksi geometri. Koreksi yang dilakukan dengan cara rektifikasi berdasar pada data citra Alos PRISM yang memang sudah sesuai dengan data dasar yaitu peta Rupabumi Indonesia. Koreksi yang di lakukan menggunakan polinomial orde 1 karena sebagian besar wilayah masih berada di daerah yang relatif landai, meskipun pada daerah bagian selatan terdapat perbukitan.

Penajaman Citra

Penajaman citra dilakukan untuk memberikan informasi yang lebih detail dari data citra yang ada yaitu Alos AVNIR-2 dan Alos PRISM. Citra tersebut ditajamkan kualitas resolusi spasial citranya dengan *pansharpenning* menggunakan metode *principle component*. Metode tersebut digunakan mengingat metode tersebut secara visual sudah mampu memberikan informasi yang jelas dengan resolusi spasial yang lebih tinggi.

Peta Tentatif Penggunaan Lahan, Jaringan Jalan, dan Sungai

Pembuatan peta tentatif penggunaan lahan, jaringan jalan, dan sungai berdasarkan informasi dasar dari peta Rupabumi Indonesia yang kemudian di *update* datanya menggunakan citra

Alos hasil *pansharpening* dengan metode interpretasi visual. Hasil interpretasi tersebut didasarkan pada kelas sesuai dengan kelas penggunaan lahan pada Peta Rupabumi Indonesia, sementara untuk jalan dan sungai tidak dikelaskan lagi karena dalam analisis yang dilakukan nantinya hanya berdasarkan kelas jalan, dan bukan jalan serta sungai, dan bukan sungai. Peta tentatif yang dihasilkan menjadi dasar untuk kegiatan survei lapangan dengan fokus untuk melakukan *updating* data mengingat citra yang digunakan yaitu perekaman tanggal 20 Juni 2009.

Penentuan Sampel

Penentuan sampel dilapangan berdasarkan metode *stratified random sampling* dengan strata yang dimaksudkan yaitu untuk jumlah poligon serta luasannya dari hasil interpretasi yang dilakukan, dimana paling banyak poligon yang ada merupakan kelas penggunaan lahan pemukiman, kemudian sawah irigasi.

Sebaran titik sampel di acak menyeluruh ke semua area kajian agar dapat mengetahui area yang mengalami perubahannya terutama untuk penggunaan lahan serta jaringan jalan.

Pembuatan Kuesioner

Pembuatan kuesioner berdasarkan pada metode *analytic hierarchy process* yaitu dengan membuat tabel perbandingan tingkat kepentingan dari setiap parameter yang kemudian di isi nilainya oleh pihak terkait yaitu dari bagian perencanaan PDAM Sleman.

Tahap Lapangan

Survei lapangan yang dilakukan fokus pada *updating* data kondisi penggunaan lahan, jaringan jalan, dan sungai. Meskipun demikian sampel yang di tentukan juga digunakan sebagai uji ketelitian interpretasi. Selain hal itu juga melakukan survei untuk lokasi sumber yang menjadi reservoir serta titik tujuannya. Survei selanjutnya yaitu untuk pengisian kuesioner oleh pihak PDAM Sleman.

Tahap Pengolahan Data

Re-interpretasi dan Re-klasifikasi

Proses pembuatan peta penggunaan lahan, jaringan jalan dan sungai, yang merupakan parameter dalam kajian ini di lakukan setelah di dapatkan hasil dari survei lapangan. Hasil tersebut menjadi dasar dalam proses *re-interpretasi* sehingga kelas penggunaan lahan,

jaringan jalan dan sungai dapat memberikan informasi paling baik.

Proses selanjutnya yaitu melakukan *re-klasifikasi* untuk semua parameter yang digunakan setelah sebelumnya dilakukan proses konversi data vektor ke raster untuk parameter penggunaan lahan, jaringan jalan, dan sungai. Proses *re-klasifikasi* dilakukan berdasarkan kelas yang telah ditentukan sesuai dengan penelitian sebelumnya dengan rentang nilai/biaya 1-5. Kelas yang paling dianggap sesuai diberi biaya 1 sementara yang paling tidak sesuai diberi nilai/biaya 5.

Perhitungan bobot dengan Analytic Hierarchy Process (AHP)

Penentuan bobot dari setiap parameter berdasarkan hasil kuesioner yang telah di isi oleh pihak PDAM Sleman. Hasil kuesioner tersebut kemudian di uji terlebih dahulu konsistensinya agar hasilnya dapat diketahui di terima atau tidaknya.

Tahap Analisis

Analisis Least Cost Path.

Analisis pada tahap ini dilakukan dengan melakukan tahap pembuatan dimulai dari pembuatan *cost surface*. Pembuatan *cost surface* menggunakan cara tumpang susun dengan mempertimbangkan bobot dari setiap parameternya (*weighted overlay*). Bobot tersebut didapatkan dari analisis sebelumnya yaitu AHP. Hasil tersebut mencerminkan biaya dari lahannya yang berupa piksel-piksel.

Proses selanjutnya yaitu pembuatan *cost distance* dan *cost backlink*. Proses ini menggunakan masukan dari *cost surface* dan lokasi sumber. Kalkulasi dilakukan untuk mengetahui biaya per unit jaraknya mulai dari sumber ke seluruh area kajian, dan mengetahui arah baliknya menuju sumber.

Analisis terakhir yaitu analisis *cost path* yang merupakan kalkulasi dari nilai *cost distance* dan *cost backlink* menuju lokasi tujuan. Hasilnya berupa deretan piksel yang mempunyai biaya terendah.

Analisis Rekomendasi Jalur Pipa PDAM Baru

Tahap analisis ini merupakan analisis jalur yang di rekomendasikan dari hasil *least cost path* terkait dengan lahan yang dilewati dari jalur tersebut. Hasil yang ada di kalkulasi juga jaraknya dan melakukan rekomendasi jalur yang

dapat di terapkan dengan menyesuaikan hasil yang ada dengan kondisi lahan yang paling mungkin untuk dilalui. Hasil yang didapatkan juga dilakukan perbandingan dengan rencana dari pihak stakeholder yang sudah ada baik dari sisi lahan yang dilewati maupun parameter lainnya yang digunakan dalam model perencanaan pipa.

Analisis Debit dan Tekanan Air

Analisis pada tahap ini dilakukan dengan menggunakan bantuan software Epanet 2.0 untuk membuat simulasi dari jalur pipa yang telah dihasilkan. Software tersebut mempunyai dasar rumus debit dari Hazen-Williams, dan untuk tekanan airnya dengan memperhatikan, *major losses*, dan *minor losses*. Masukkan dari simulasi ini yaitu jalur pipa, elevasi, panjang pipa, jenis pipa, dan lokasi reservoir. Analisis yang dilakukan terkait dengan debit dan tekanan air dari setiap titik yang akan menjadi *output* untuk disambungkan ke jaringan distribusi menuju konsumen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Koreksi Geometrik

Koreksi yang telah dilakukan untuk data citra ALOS AVNIR-2 didapatkan hasil koreksi dengan nilai *rms error* sebesar 0,469912. Titik yang menjadi *ground control point* yaitu sebanyak 23 titik yang menyebar keseluruh wilayah kajian. Nilai RMSE ini dipandang telah memenuhi nilai minimal proses koreksi geometri dimana nilai RMSE yang ditetapkan adalah sebesar kurang dari 0,5 (Jensen, 1986). Selain itu citra yang ada juga sudah bertampalan dengan Peta Rupabumi Indonesia skala 1:25.000.

Penajaman Citra



Citra ALOS AVNIR
(Multispektral)



Citra ALOS PRISM
(Pankromatik)



Citra Hasil *Pansharpening*

Gambar 1.0. Citra Perbandingan Hasil Sebelum dan Sesudah *Pansharpening*
(Sumber. Pengolahan data 2015)

Pengolahan citra dengan metode *pansharpening* didapatkan hasil yang lebih baik secara visualnya dengan resolusi spasial yang cukup detail yaitu 2,5 meter. Hasil tersebut sangat membantu dalam interpretasi secara spasial mengingat obyek yang ada lebih terlihat jelas bentuknya. Hasil perubahan dari pengolahannya seperti terlihat pada Gambar 1.0.

Interpretasi Visual Citra

Intepretasi yang dilakukan berdasarkan kelas penggunaan lahan yang ada pada Peta Rupabumi Indonesia. Hasil interpretasi yang kemudian di lakukan survei lapangan untuk *updating* data serta uji ketelitian penggunaan lahannya didapatkan hasil ketelitian interpretasi keseluruhan yaitu 91% nilai tersebut sudah dapat di terima. FitzpatrickLins (1978) dalam Campbell (2002) dalam Bekti (2011) mengatakan bahwa akurasi pemetaan penggunaan lahan menurut *United Stated Geological Survey (USGS)* sekitar 85 % untuk peta dengan skala 1:24.000, sementara untuk model yang akan di buat dalam kajian ini akan menghasilkan peta skala 1:40.000.

Proses *re-interpretasi* kemudian dilakukan untuk mendapatkan peta penggunaan lahan, jaringan jalan dan sungai, yang nantinya digunakan sebagai parameter pembuatan model. Parameter jaringan jalan yang telah di lakukan proses *re-interpretasi* cukup banyak yang perubahan, sementara untuk sungainya tidak. Kelas penggunaan lahan yang dihasilkan luasnya dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2. Luas Kelas Penggunaan Lahan.

Kelas Penggunaan Lahan	Luas (Ha)
Gedung	37.21
Kebun	2654.07
Pemukiman	3689.69
Rumput atau Lahan Kosong	82.46
Sawah Irigasi	4903.85
Tanah Ladang/Tegalan	616.72
Tubuh Air	15.31

Sumber. Survei Lapangan dan Pengolahan data 2015

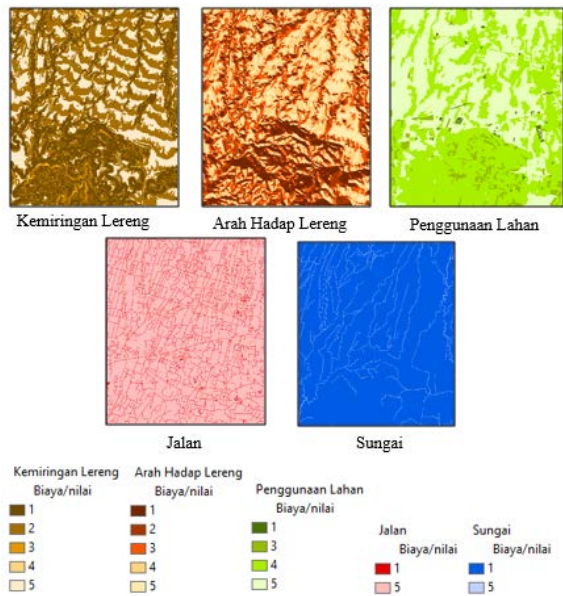
Pengolahan DEM

Pembuatan DEM dilakukan untuk nantinya dapat di turunkan informasinya menjadi kemiringan lereng dan arah hadap lereng. Berdasarkan pembuatan DEM yang telah dilakukan kemudian di uji kualitasnya sebagai konsekuensi tidak dilakukannya pengukuran langsung dilapangan. Berdasarkan perhitungan uji kualitas DEM didapatkan nilai RMSE yaitu 1,54. Nilai tersebut dapat diterima dan cukup

baik kualitas DEM-nya karena menggunakan input data berupa garis kontur dengan kontur interval 12,5 meter. Hasil baik jika nilai RMSE lebih kecil dari 0,3 kontur interval (Bekti, 2011) dan nilai 0,3 dari 12,5 meter adalah 3,75. Hasil yang cukup baik tersebut nantinya akan menjadi dasar untuk menurunkan informasi dari DEM ke informasi kemiringan lereng dan arah hadap lereng.

Re-klasifikasi

Tahap ini menghasilkan informasi parameter yang telah diberikan nilai/biaya. Hasilnya kemudian digunakan sebagai masukan dalam pembuatan *cost surface*. Hasil menunjukkan dari setiap parameter yang ada dari kelas yang sebelumnya berbeda namun setelah di re-klasifikasi menjadi kelas yang sama berdasarkan harkatnya. Nilai harkat tersebut yang menjadi gambaran kondisi lahan yang paling optimum dalam menentukan jaringan pipa. Nilai yang rendah merupakan lahan yang paling direkomendasikan untuk dapat dilalui jalur pipa baru. Hasil lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Hasil Pengolahan Reklasifikasi 5 Parameter (Sumber. Survei Lapangan dan Pengolahan data 2015)

Pemodelan Jalur Pipa PDAM Baru

Pemodelan yang dilakukan melalui beberapa tahap analisis yaitu *weighted overlay*, *cost distance* dan *cost backlink*, serta terakhir yaitu *cost path*. Pengolahan pertama yaitu pembobotan yang dihasilkan dari pengisian kuesioner oleh pihak terkait yaitu kepala staf bagian perencanaan PDAM Sleman. Bobot yang dihasilkan dapat diterima konsistensinya dengan

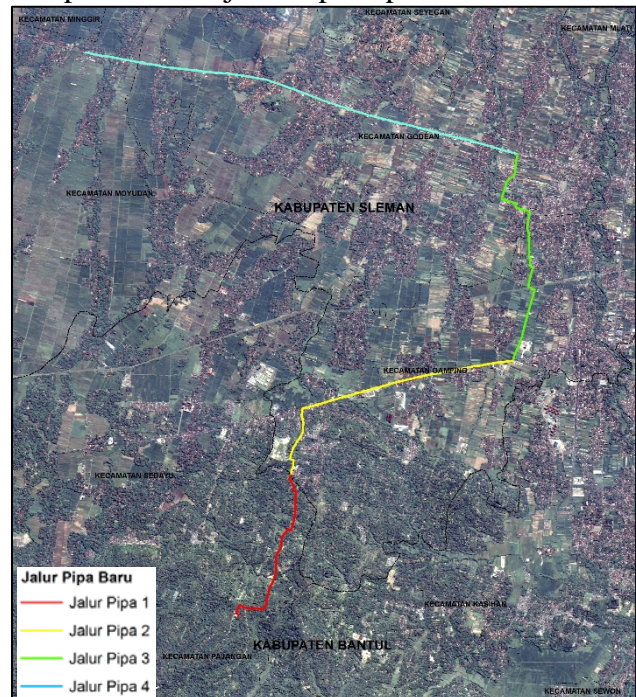
nilai 0,077. Nilai CR dapat diterima karena lebih kecil dari 0,10. Bobot yang dihasilkan seperti terlihat pada Tabel 1.3.

Tabel. 1.3. Bobot Parameter hasil AHP

Parameter	Bobot
Jalan	45%
Penggunaan Lahan	14%
Kemiringan Lereng	32%
Arah Hadap Lereng	6%
Sungai	3%
Jumlah	100.00%

Sumber. Survei Lapangan dan Pengolahan data 2015

Cost surface yang telah dihasilkan kemudian dianalisis dengan memasukkan lokasi sumber untuk kemudian dikalkulasi dengan *cost distance* dan *cost backlink*. Proses tersebut dilakukan 4 kali dengan sumber berbeda namun masih saling terhubung. Hasilnya berupa piksel yang sudah memiliki informasi biaya per unit jarak serta arah pergerakan pikselnya menuju sumber. Tahap terakhir dilakukan dengan *cost path* dengan memasukkan lokasi tujuannya yang kemudian didapatkan hasil jalur seperti pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Hasil Analisis Cost Path, (Peta Terlampir). (Sumber. Survei Lapangan dan Pengolahan data 2015)

Tabel 1.4. Jumlah Piksel Hasil *Cost Path*.

Hasil <i>Cost Path</i>	Jumlah Piksel
Jalur 1	201
Jalur 2	336
Jalur 3	271
Jalur 4	525
Total	1.333

Sumber. Pengolahan data 2015

Hasil dari setiap jalur tersebut berupa deretan piksel dengan jumlah setiap jalurnya seperti terlihat pada tabel 1.4 diatas. Berdasarkan jumlah tersebut hasil analisis ini perlu di lihat perpikselnya apakah mempunyai jalur yang kurang sesuai dengan yang di harapkan atau tidak mengingat parameter yang digunakan memungkinkan terjadinya jalur yang kurang sesuai seperti melewati area penggunaan lahan yang kurang sesuai seperti gedung, sawah irigasi, dan pemukiman tanpa mengikuti jaringan jalan. Berdasarkan hasilnya ternyata terdapat beberapa piksel yang tidak mengikuti jaringan jalan 22 piksel yang tidak tepat dari jumlah total piksel 1.333 piksel, sehingga dalam analisis ini memiliki error sebesar 1,7 %. Semua piksel tersebut melewati lahan pemukiman dan tidak mengikuti jaringan jalan yang ada namun hasil tersebut masih tidak jauh dari jaringan jalan yang ada sehingga nantinya dapat di pertegas lagi jalurnya sebagai peta rekomendasi dengan mengubah jalur mengikuti jaringan jalan yang ada sebagai konsekuensi dari penentuan bobot yang paling besar adalah untuk jaringan jalan. Meskipun demikian hasil ini dapat diterima mengingat peta yang dihasilkan dari model yang dibuat yaitu untuk skala 1:40.000 sehingga dalam kedepannya perlu di lakukan pengukuran lebih detail bila akan melakukan perencanaan yang lebih teknis terkait jalur pipa tersebut.

Analisis Rekomendasi Pipa PDAM Baru

Hasil analisis *cost path* menjadi dasar pemetaan jalur rekomendasi pipa PDAM baru yang bertujuan untuk melayani 3 unit pelayanan yaitu Unit Gamping, Unit Sidomoyo dan Unit Godean Moyudan. Berdasarkan 4 jalur yang dihasilkan masih terdapat 1,7 % jalur yang perlu di sesuaikan dengan parameter yang ada yaitu untuk mengikuti jaringan jalan agar jalur yang ada dapat menjadi jalur yang baik untuk di rekomendasikan atau melewati lahan yang dapat di lalui misalnya kebun di antara pemukiman. Setelah dilakukan konversi data dari raster ke bentuk vektor dan disesuaikan jalurnya dengan jaringan jalan maka didapatkan total panjang jalur yaitu 17.764,15 meter atau 17,76415 kilometer dan untuk panjang masing-masing jalurnya dapat di lihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5. Panjang Jalur Hasil *Cost Path*.

Hasil <i>Cost Path</i>	Panjang (m)
Jalur 1	2836,16
Jalur 2	4416,08
Jalur 3	3746,36
Jalur 4	6764,92
Jumlah	17764,15

Sumber. Pengolahan data 2015

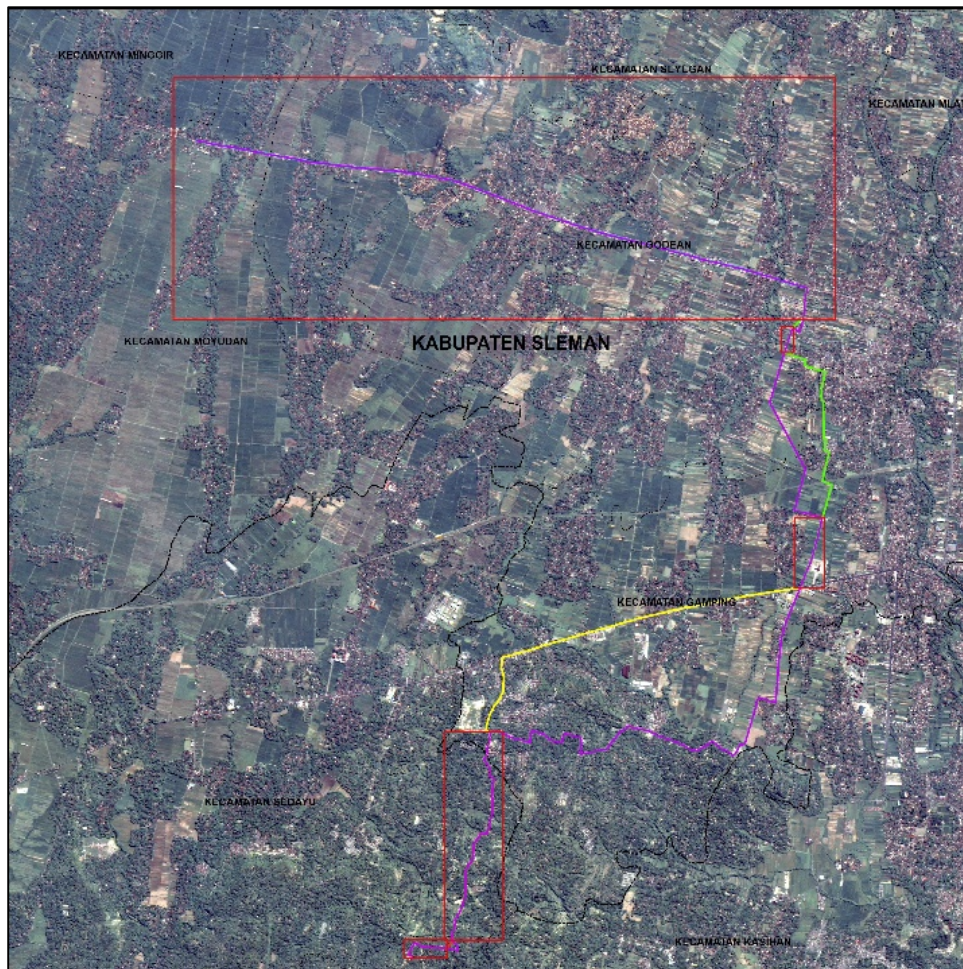
Hasil analisis *cost path* menjadi dasar pemetaan jalur rekomendasi pipa PDAM baru yang bertujuan untuk melayani 3 unit pelayanan yaitu Unit Gamping, Unit Sidomoyo dan Unit Godean Moyudan. Berdasarkan 4 jalur yang dihasilkan masih terdapat 1,7 % jalur yang perlu di sesuaikan dengan parameter yang ada yaitu untuk mengikuti jaringan jalan agar jalur yang ada dapat menjadi jalur yang baik untuk di rekomendasikan atau melewati lahan yang dapat di lalui misalnya kebun di antara pemukiman. Setelah dilakukan konversi data dari raster ke bentuk vektor dan disesuaikan jalurnya dengan jaringan jalan maka di dapatkan total panjang jalur yaitu 17.764,15 meter atau 17,76415 kilometer dan untuk panjang masing-masing jalurnya dapat di lihat pada Tabel 1.6.

Tabel 1.6. Panjang Jalur Hasil *Cost Path*.

Hasil <i>Cost Path</i>	Panjang (m)
Jalur 1	2836,16
Jalur 2	4416,08
Jalur 3	3746,36
Jalur 4	6764,92
Jumlah	17764,15

Sumber. Pengolahan data 2015

Berdasarkan hasil tersebut dapat dilakukan perbandingan dengan jalur rencana PDAM Sleman yang tentunya hanya berdasarkan pada informasi jaringan jalan saja yang di rencanakan secara kualitatif tanpa mempertimbangkan hal lain secara lebih kuantitatif misalnya kemiringan lereng, arah hadap lereng, sungai, dan penggunaan lahan. Rencana dari pihak PDAM Sleman mempunyai total panjang jalur yang lebih panjang di bandingkan jalur hasil analisis *least cost path* yaitu 19.122,04 m atau 1.357,89 m lebih panjang dari hasil *least cost path* (Tabel 1.7). Berdasarkan hal tersebut tentunya biaya yang di butuhkan akan semakin banyak mengingat jalur yang dibuat lebih panjang.



Gambar 1.3. Perbandingan Jalur Jasil Analisis *Least Cost Path* dengan Jalur Rencana PDAM Sleman.

Tabel 1.7. Panjang Jalur Rencana PDAM Sleman.

Hasil <i>Cost Path</i>	Panjang (m)
Jalur 1	2977.03
Jalur 2	5669.42
Jalur 3	3710.67
Jalur 4	6764,92
Jumlah	19.122,04

Sumber. Pengolahan data 2015

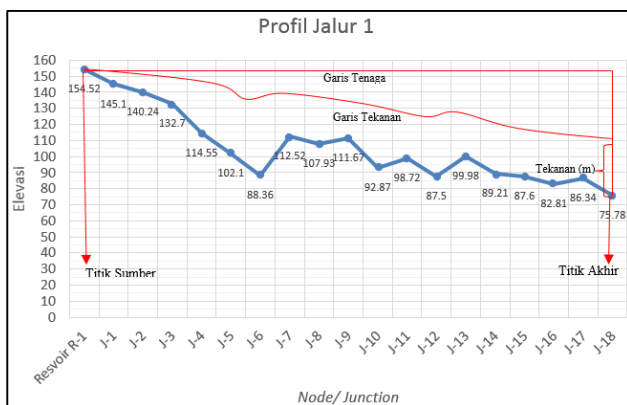
Berdasarkan Tabel 1.7 terdapat jalur yang bertampalan dengan hasil analisis *least cost path*. Jalur yang bertampalan yaitu sepanjang 11.106,63 meter atau sekitar 65,52 % dari total panjang jalur hasil analisis *least cost path*. Sebagian besar jalur yang bertampalan yaitu untuk jalur 4 dan jalur 1. Jalur 4 seluruhnya bertampalan sementara untuk jalur 1 hanya 234,97 meter yang tidak bertampalan, sedangkan jalur 2 menjadi jalur yang paling berbeda dengan panjang bertampalan hanya sekitar 240,27 meter, sementara untuk jalur 3 mempunyai jalur yang bertampalan sepanjang 1.357,98 meter. Jalur yang bertampalan dapat dilihat pada Gambar 1.3.

Analisis Debit dan Tekanan Air Pipa PDAM Baru.

Analisis debit dan tekanan air dari pipa yang dihasilkan dari metode *least cost path* menggunakan data masukan berupa elevasi untuk setiap *node* nya atau *junction* sehingga dalam hal ini *node* yang dibuat berdasarkan setiap perubahan ketinggian dari jalur yang dilalui pipa terutama di bagian puncak bukit dan lembah, serta di bagian datar lebih pada elevasi yang mempunyai perbedaan ketinggian yang menunjukkan naik atau turun, sementara di antara itu dianggap satu segmen pipa yang linier baik kondisi naik atau turun elevasinya. Informasi elevasi tersebut berdasarkan data DEM yang digunakan untuk pembuatan peta kemiringan lereng dan arah hadap lereng. *Node* yang digunakan terdapat 33 *node* dengan 1 reservoir, elevasinya yaitu mulai dari 154,52 mdpal (reservoir) sampai paling rendah 75,78 mdpal. Berkaitan reservoir sumber air berasal dari Sungai Progo yang dipompa ke reservoir. Data masukan lainnya terkait dengan informasi diameter pipa dan panjang pipa, serta indeks kekasaran pipa. Elevasi yang digunakan

berdasarkan data DEM serta untuk panjang dikalkulasi dari peta yang dihasilkan pada pemodelan. Diameter pipa yang digunakan yaitu 200 mm untuk jalur 1 sampai jalur 3 dan 150 mm untuk jalur 4. Indeks kekasaran pipa didasarkan pada jenis pipa yang digunakan dalam hal ini yaitu GIP (besi) dan PVC, keduanya mempunyai indeks yang sama yaitu 130 (Triatmojo, 1996). Simulasi yang dilakukan juga mempertimbangkan kebutuhan dasar serta pola pemakaian airnya sehingga dalam analisis ini kebutuhan dasar di tentukan sendiri dengan memperhatikan kemampuan pipa dalam mengalirkan air secara gravitasi.

Hasil analisis debit menunjukkan hasil nilai kebutuhan dasar maksimal di setiap titik keluaran yang dapat dilayani total debitnya yaitu 36,4 liter per second (LPS) dalam satu periode waktu pemakaian, secara lebih rinci hasil analisis debitnya terdapat pada Tabel 1.8. Pengukuran debit yang dilakukan menunjukkan hasil yang hanya mampu memanfaatkan 72,8% dari total kapasitas reservoir yang akan diberikan yaitu 50 LPS, meskipun demikian hasil tersebut dapat diterima mengingat jalur pipa baru ini menjadi jalur untuk penambahan debit air yang sudah ada sebelumnya dengan sumber yang berbeda.



Gambar 1.4. Ilustrasi Skema Garis Tekanan Jalur 1. Sumber. Pengolahan data 2015

Hasil simulasi untuk tekanan airnya yang juga dihasilkan dalam sekali eksekusi simulasi bersamaan dengan analisis debit, dan hasil menunjukkan dalam waktu 24 jam tidak terdapat tekanan yang minus sehingga dapat di pastikan simulasi air berjalan baik dan air mampu terdistribusi ke setiap node yang menjadi titik keluaran air. Hasil tersebut berkaitan erat dengan kebutuhan dasar air yang terlayani apabila kebutuhan dari salah satu node melebihi batas

maksimal maka tekanan airnya akan minus dan simulasi menunjukkan distribusi air tidak berjalan baik. Hasil analisis tekanan menggunakan software Epanet 2.0 berupa tekanan dengan satuan meter sesuai dengan prinsip Bernoulli, yaitu tinggi tenaga total di setiap titik pada saluran pipa adalah jumlah tinggi elevasi, tinggi tekanan, dan tinggi kecepatan (Bambang, 1993). Berdasarkan hal itu maka apabila di pipa dipasang tabung tegak terbuka maka air akan naik setinggi tekanan yang dihasilkan, garis antara titik awal di permukaan zat cair dengan titik teratas permukaan zat cair pada tabung disebut sebagai garis tekanan, sehingga dalam analisis menggunakan Epanet 2.0 hasil analisis tekanan menggunakan satuan meter yaitu tinggi garis tekanan pada titik akhir, ilustrasinya seperti terlihat pada Gambar 1.4. Hasil analisis tekanan paling besar berada di Unit Gamping sebesar 78,11 m dan paling rendah di Unit Godean Moyudan 1 yaitu dengan tekanan minimalnya 1,08 m., secara lebih rinci hasil analisis tekanan dapat dilihat pada Tabel 1.8. Hasil analisis tekanan pada simulasi yang dilakukan menunjukkan bahwa pada jalur yang melayani Unit Sidomoyo 2 dan Unit Godean Moyudan 1 mempunyai kondisi tekanan yang sangat rendah pada waktu pemakaian puncak mengingat dari kondisi elevasi pada jalur menuju 2 unit tersebut mengarah ke titik yang lebih tinggi dan lokasinya cukup jauh dari titik reservoir, meskipun Unit Godean Moyudan 2 merupakan lokasi titik terjauh namun dari Unit sebelumnya lokasi tersebut lebih rendah sehingga tekanan yang dihasilkan lebih tinggi dari dua unit sebelumnya. Hasil analisis tekanan tersebut dapat sebagai acuan dalam perencanaan pipa yang lebih detail dengan memperhatikan tekanan maksimal dan minimalnya dalam suatu sistem jaringan pipa sesuai dengan acuan yang digunakan pihak PDAM sendiri. Hal itu dikarenakan analisis yang dilakukan belum termasuk pada tekanan pada titik keluarnya air pada konsumen.

Analisis debit dan tekanan yang dilakukan dengan simulasi tersebut perlu digaris

bawahi, bahwa simulasi berjalan pada kondisi normal sehingga pada faktor lain tentu akan mempengaruhi kondisi hasil yang sebenarnya. Selain hal tersebut analisis ini menggunakan data masukan dari skala semi detail dan masih berupa jalur tunggal sehingga perlu di perhatikan bahwa titik yang menjadi *output* masih perlu di tambahkan ke jaringan yang terhubung langsung ke konsumen. Berkaitan dengan hal tersebut tentunya hasil debit dan tekanan airnya tentu

akan berkurang bila sampai pada titik *output* dari konsumen. Berkaitan dengan hal tersebut maka pada Unit yang mempunyai tekanan sangat rendah menjadi catatan sendiri bila banyak pemakaian air maka tekanan akan minus dan perlu penambahan pompa yaitu di Unit Sidomoyo 2 dan Godean Moyudan 1. Meskipun demikian hasil simulasi dapat menjadi gambaran umum dan perlu dilakukan penelitian untuk perencanaan jaringan pipa yang lebih detail.

Tabel 1.8. Hasil Analisis Debit dan Tekanan per Unit Pelayanan, serta Kecepatan Aliran di Segmen Pipa Sebelum *Output*.

Time (Hours)	Unit Gamping			Unit Sidomoyo 1			Unit Sidomoyo 2		
	Demand (LPS)	Pressure (m)	Flow Pipe (LPS)	Demand (LPS)	Pressure (m)	Flow Pipe (LPS)	Demand (LPS)	Pressure (m)	Flow Pipe (LPS)
0:00	2	78.11	5.6	2	63.88	3.6	0.6	36.96	1.6
1:00	2	78.11	5.6	2	63.88	3.6	0.6	36.96	1.6
2:00	6	73.91	16.8	6	56.8	10.8	1.8	29.34	4.8
3:00	8	70.52	22.4	8	51.07	14.4	2.4	23.17	6.4
4:00	10	66.31	28	10	43.97	18	3	15.53	8
5:00	13	58.53	36.4	13	30.85	23.4	3.9	1.4	10.4
6:00	11	63.91	30.8	11	39.92	19.8	3.3	11.17	8.8
7:00	10	66.31	28	10	43.97	18	3	15.53	8
8:00	9	68.51	25.2	9	47.68	16.2	2.7	19.53	7.2
9:00	8	70.52	22.4	8	51.07	14.4	2.4	23.17	6.4
10:00	7	72.32	19.6	7	54.11	12.6	2.1	26.44	5.6
11:00	6	73.91	16.8	6	56.8	10.8	1.8	29.34	4.8
12:00	5	75.3	14	5	59.13	9	1.5	31.85	4
13:00	6	73.91	16.8	6	56.8	10.8	1.8	29.34	4.8
14:00	10	66.31	28	10	43.97	18	3	15.53	8
15:00	11	63.91	30.8	11	39.92	19.8	3.3	11.17	8.8
16:00	13	58.53	36.4	13	30.85	23.4	3.9	1.4	10.4
17:00	11	63.91	30.8	11	39.92	19.8	3.3	11.17	8.8
18:00	10	66.31	28	10	43.97	18	3	15.53	8
19:00	9	68.51	25.2	9	47.68	16.2	2.7	19.53	7.2
20:00	8	70.52	22.4	8	51.07	14.4	2.4	23.17	6.4
21:00	5	75.3	14	5	59.13	9	1.5	31.85	4
22:00	3	77.4	8.4	3	62.68	5.4	0.9	35.68	2.4
23:00	2	78.11	5.6	2	63.88	3.6	0.6	36.96	1.6
24:00:00	2	78.11	5.6	2	63.88	3.6	0.6	36.96	1.6
Rata - Rata	7,48	70,284	20,944	7,48	50,675	13,464	2,244	22,747	5,984
Time (Hours)	Uni Godean/Moyudan 1			Uni Godean/Moyudan 2					
	Demand (LPS)	Pressure (m)	Flow Pipe (LPS)	Demand (LPS)	Pressure (m)	Flow Pipe (LPS)			
0:00	0.4	40.15	1	0.6	49.66	0.6			
1:00	0.4	40.15	1	0.6	49.66	0.6			
2:00	1.2	31.78	3	1.8	40.92	1.8			
3:00	1.6	25	4	2.4	33.84	2.4			
4:00	2	16.6	5	3	25.08	3			
5:00	2.6	1.08	6.5	3.9	8.88	3.9			
6:00	2.2	11.81	5.5	3.3	20.08	3.3			
7:00	2	16.6	5	3	25.08	3			
8:00	1.8	21	4.5	2.7	29.67	2.7			
9:00	1.6	25	4	2.4	33.84	2.4			
10:00	1.4	28.59	3.5	2.1	37.59	2.1			
11:00	1.2	31.78	3	1.8	40.92	1.8			
12:00	1	34.54	2.5	1.5	43.8	1.5			
13:00	1.2	31.78	3	1.8	40.92	1.8			
14:00	2	16.6	5	3	25.08	3			
15:00	2.2	11.81	5.5	3.3	20.08	3.3			
16:00	2.6	1.08	6.5	3.9	8.88	3.9			
17:00	2.2	11.81	5.5	3.3	20.08	3.3			
18:00	2	16.6	5	3	25.08	3			
19:00	1.8	21	4.5	2.7	29.67	2.7			
20:00	1.6	25	4	2.4	33.84	2.4			
21:00	1	34.54	2.5	1.5	43.8	1.5			
22:00	0.6	38.74	1.5	0.9	48.19	0.9			
23:00	0.4	40.15	1	0.6	49.66	0.6			
24:00:00	0.4	40.15	1	0.6	49.66	0.6			
Rata - Rata	1,496	24,534	3,74	2,244	33,358	2,244			

Sumber. Pengolahan data 2015

KESIMPULAN

1. Jalur pipa PDAM baru yang dihasilkan memiliki hasil yang baik dengan error sebesar 1,7 % yaitu terdapat 22 piksel yang tidak sesuai dari total piksel 1.333 piksel dan panjang jalur total dari 4 jalur hasil analisis yaitu 17764,15 m. Meskipun terdapat piksel yang tidak sesuai namun hasil pemodelan ini dapat di terima mengingat skala yang dihasilkan yaitu 1:40.000 dan jalur yang ada sebagian besar melalui jalur yang sesuai kriteria yaitu mengikuti jaringan jalan dan melalui kemiringan lereng yang sesuai untuk mampu mendistribusikan air secara gravitasi.
2. Hasil debit maksimal yang dapat didistribusikan dalam satu periode waktu pada jam puncak yaitu 36,4 LPS dengan rincian masing-masing unit yaitu 13 LPS untuk Unit Gamping dan Sidomoyo 1, 3,9 LPS untuk Unit Sidomoyo 2 dan Godean Moyudan 2 serta 2,6 LPS untuk Unit Godean Moyudan 1, sementara rata-rata debit terlayani dalam 1 hari yaitu 7,48 LPS untuk Unit Gamping dan Unit Sidomoyo 1, 2,244 LPS, selanjutnya untuk Unit Sidomoyo 2 dan Godean Moyudan 2 serta 1,496 untuk Unit Godean Moyudan 1 dan tekanan maksimal terjadi pada titik Unit Gamping dengan tekanan maksimal 78,11 m dan minimal terjadi pada Unit Sidomoyo 1 dengan tekanan sebesar 1,4 m. Hasil tersebut dapat menjadi acuan dalam pertimbangan dalam perencanaan pipa yang lebih detail, namun dengan batasan bahwa hasil tersebut tidak mutlak mengingat data yang digunakan dari data skala 1:40.000 dan simulasi yang dilakukan pada kondisi normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Rolf A. de By, Georgiadou, Yola, Knippers, Richard A., Kraak, Menno-Jan, Sun, Yuxian, Wier, Michael J., Van Westen, Cees J (2000). *Principle of Geographic Information System*. Enschede, The Netherlands: The International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC).
- Lillesand T.M., dan Kiefer R.W (1990). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Terjemahan. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Penerbit Andi Yogyakarta

- Triadmodjo, Bambang (1993). *Hidrolika II*. Yogyakarta: Beta Offset
- Al Samari, Bader Abdulaziz, *et al.* Tanpa Tahun. *Optimum Route of Pipeline using ArcGIS: Saudi Aramco, Dhahran*. http://www.saudigis.org/FCKFiles/File/SaudiGISArchive/4thGIS/Papers/2_BadeSamari_KSA.pdf. Diakses 6 Januari 2015.
- Purwanti, Becti (2011). *Pemodelan Spasial Dengan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) Untuk Rekomendasi Jalur Pipa Induk Air Limbah (Studi Kasus dengan Menggunakan Citra ALOS AVNIR-2 Sebagian Wilayah Aglomerasi Perkotaan Yogyakarta Bagian Timur)*. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Harimurti, Mira (2011). *Analisis Least Cost Path Menggunakan Pair Wise Comparison untuk Penentuan Jalur Pipa Distribusi Air Bersih: Studi Kasus Baron, Gunungkidul*. Skripsi. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Wiharja, Delasdriana (2012). *Analisis Perbandingan Jalur Pipa Transmisi PDAM Eksisting dengan Metode Least Cost Path di Kabupaten Sleman*. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- ESRI (2001). *ArcGIS™ Spatial Analyst: Advanced GIS Spatial Analysis Using Raster and Vector Data*. New York: ESRI Company.
- Susila, Wayan R dan Ernawati Munadi (2007). *Penggunaan Analytic Hierarchy Process untuk Penyusunan Prioritas Proposal Penelitian*. Jurnal Informatika Pertanian Volume 16 No. 2. Tanggal Akses: 14 Februari 2014. Alamat website: http://www.litbang.pertanian.go.id/warta-ip/pdf-file/1.wayanerna_ipvol16-2-2007.pdf
- Agustina, Dian Vitta (2007). *Analisa Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih PDAM Kecamatan Banyumanik, di Perumnas Banyumanik: Studi Kasus Perumnas Banyumanik Kelurahan Sronдол Wetan*. Tesis. Semarang: Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro.