

OPTIMASI DIAMETER PIPA PADA SISTEM JARINGAN AIR BERSIH DENGAN MENGGUNAKAN LINEAR PROGRAMMING DI KECAMATAN TUREN MALANG

Rega Putra Permana¹, Chairil Saleh²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik – Universitas Muhammadiyah Malang
Alamat korespondensi : Jalan Raya Tlogomas 246 Malang 65144

Abstract

Turen districts is one of 33 districts in Malang regency. Located ± 16 km east of the capital city of Malang (Kepanjen) and ± 26 km south of Malang. One of the factors that determine the level of performance of the system of providing clean water is effectiveness network. Results of the evaluation of the performance of a network of water pipes are clean before it shows that the relative energy level at each node the pipe showed a huge difference. Linear programming is a method which is very popular and reliable in solving optimization problem that contain linear function. Besides the simplicity of its functions, the ease factor in solving the equation system makes the linear programming more interesting to be applied in solving various optimization cases. This project to find out the level of linear programming to solving optimization problems diameter pipelines in the water distribution system. The results of the analysis indicates that the model linear programming is quite consistent and can provide optimum solutions appropriate objective function and constraint functions of the set.

Keywords: linear programming, diameter, pipe networks, optimization.

Abstrak

Kabupaten Turen adalah salah satu dari 33 kecamatan di Kabupaten Malang. Terletak ± 16 km sebelah timur dari ibukota Malang (Kepanjen) dan ± 26 km sebelah selatan dari Malang. Salah satu faktor yang menentukan tingkat kinerja sistem jaringan penyediaan air bersih. Hasil efektivitas evaluasi kinerja jaringan pipa air bersih sebelum itu menunjukkan bahwa tingkat energi relatif pada setiap node pipa menunjukkan perbedaan besar. Pemrograman linier adalah metode yang sangat populer dan dapat diandalkan dalam memecahkan masalah optimasi yang mengandung fungsi, selain itu fungsi linier cukup sederhana, mudah dalam memecahkan sistem persamaan membuat pemrograman linear lebih menarik untuk diterapkan dalam memecahkan berbagai kasus optimasi. Proyek ini untuk mengetahui tingkat pemrograman linier untuk memecahkan masalah optimasi jaringan pipa diameter dalam hasil distribusi air sistem. Dari analisis tersebut menunjukkan bahwa programming model linier cukup konsisten dan dapat memberikan solusi optimal fungsi dan kendala obyektif fungsi yang tepat dari himpunan.

Kata kunci: program linier, diameter, jaringan pipa, optimasi

PENDAHULUAN

Salah satu faktor yang menentukan tingkat kinerja sistem penyediaan air bersih adalah efektifitas jaringan. Hasil evaluasi terhadap kinerja jaringan pipa air bersih di Kecamatan Turen Kabupaten Malang sebelum ini menunjukkan bahwa tingkat energi relatif pada tiap simpul pipa menunjukkan perbedaan yang sangat besar.

Penentuan diameter secara manual akan memakan waktu dan tenaga. Penelitian ini dimaksudkan memanfaatkan linear program untuk optimasi diameter pipa pada sistem jaringan pipa

distribusi air bersih di wilayah kecamatan Turen. Linear programming merupakan salah satu teknik penyelesaian riset operasi dalam hal ini adalah khusus menyelesaikan masalah-masalah optimasi (memaksimalkan atau meminumkan) tetapi hanya terbatas pada masalah yang dapat diubah menjadi fungsi linear. Demikian pula kendala-kendala yang ada juga berbentuk linear.

Karya ini mencoba menyelesaikan masalah optimasi tersebut dengan memanfaatkan kelebihan Linear Programming. Linear Programming terbukti cukup handal dan telah banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah optimasi walaupun

terbatas pada penyelesaian sistim persamaan yang bersifat linier. Dalam tulisan ini dibatasi pada penyelesaian sistim jaringan yang bersifat terbuka oleh karena sistim persamaan hidrolisnya dapat ditransformasikan kedalam bentuk fungsi linier

Permasalahan

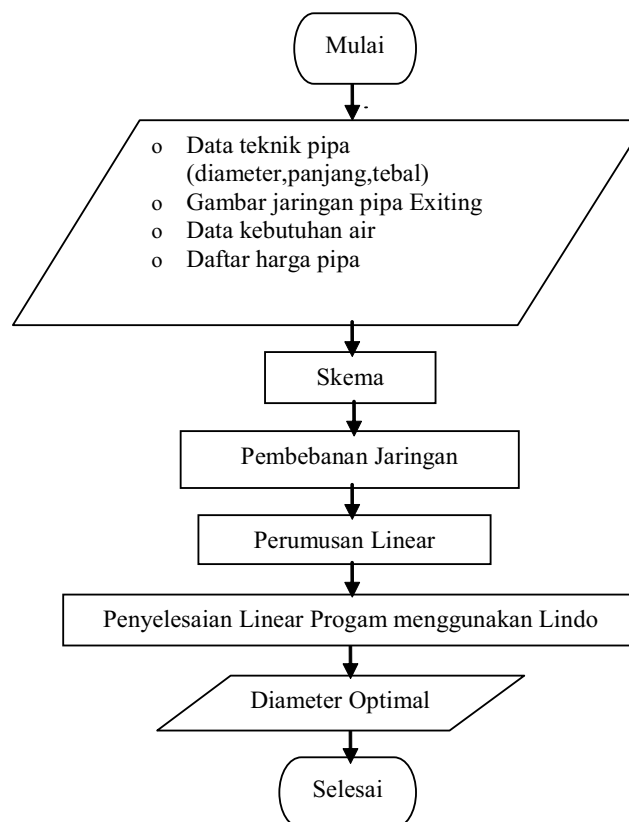
Bagaimana sistem persamaan linear program yang sesuai untuk analisis jaringan pipa dan mengetahui sejauh mana linear program dapat menyelesaikan masalah optimasi diameter pipa pada jaringan pipa di kecamatan Turen.

METODE PENELITIAN

Kondisi Umum Daerah Studi

Kecamatan Turen terletak antara $112,00^{\circ} - 141^{\circ},38.52''$ bujur timur dan $8^{\circ},00'' - 9^{\circ},48.33''$ lintang selatan. Kondisi topografi sebagian besar merupakan dataran dengan ketinggian $\pm 300 - 460$ meter di atas permukaan laut, dengan kemiringan kurang dari 15% dan datar 85 % dengan luas wilayah ± 10914 Ha dan dilalui oleh jalan arteri primer, (jalan negara) yang menghubungkan kota Malang – Lumajang - Jember.

Sebagai daerah studi adalah daerah layanan di kecamatan Turen yang merupakan salah satu dari 33 kecamatan didalam kabupaten Malang. Terletak ± 16 Km arah timur dari ibu kota kabupaten Malang (Kapanjen) dan ± 26 km arah selatan dari kota Malang.



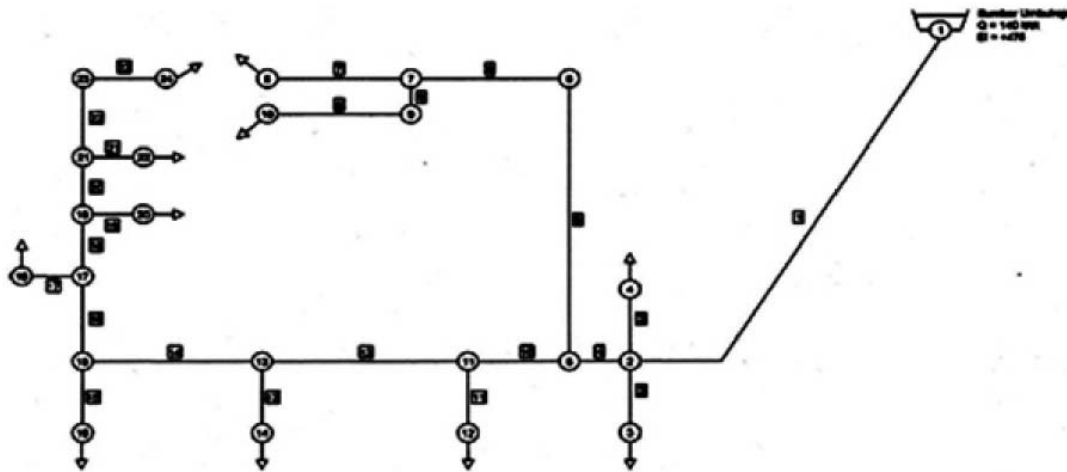
Gambar 1. Skema Tahapan Studi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Kecamatan Turen

Jaringan perpipaan pada jaringan distribusi air bersih kecamatan Turen pada kondisi eksisting terdiri

dari jaringan pipa melingkar dan jaringan pipa bercabang, untuk melakukan analisa dengan menggunakan jaringan melingkar cukup sulit dilakukan dan memerlukan praktik ilmu yang lebih tinggi. Untuk mendapatkan jaringan pipa bercabang maka perlu dilakukan penyederhanaan jaringan.



Gambar 2. Jaringan Pipa Setelah disederhanakan
 Sumber : hasil penyederhanaan

Tabel 1. data teknik pipa setelah penyederhanaan jaringan

No Elemen Pipa	Node		Panjang Pipa (m)	Elevasi (m)	C (Hw)
	Dari	Ke			
1	1	2	9448	403	130
2	2	3	199	395	130
3	2	4	225	403	130
4	2	5	611	409	130
5	5	6	1676	411	130
6	6	7	399	409	130
7	7	8	794	408	130
8	7	9	7	413	130
9	9	10	799	423	130
10	5	11	549	401	130
11	11	12	1360	389	130
12	11	13	903	400	130
13	13	14	103	400	130
14	13	15	592	405	130
15	15	16	411	398	130
16	15	17	573	410	130
17	17	18	10	410	130
18	17	19	254	411	130
19	19	20	106	411	130
20	19	21	250	411	130
21	21	22	410	416	130
22	22	23	433	416	130
23	23	24	368	416	130

Sumber : PDAM unit kecamatan Turen tahun 2008

Kebutuhan Air bersih pada tiap simpul pengalihan

Penggunaan air yang beragam akan berpengaruh terhadap pola jaringan distribusi dan

pada titik simpul memiliki porsi yang berbeda. Data ini berdasarkan tugas akhir berjudul “Pengembangan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Di Kecamatan Turen” (Moh. Abdullah Ali, 2009).

Tabel 2. Kebutuhan air bersih masing-masing titik simpul tahun 2014

No Elemen Pipa	Debit	
	l/dt	m ³ /dt
1	8.5372	0.0085372
2	0.7593	0.0007593
3	0.2531	0.0002531
4	6.5462	0.0065462
5	1.7211	0.0017211
6	1.3836	0.0013836
7	0.4218	0.0004218
8	0.7593	0.0007593
9	0.6243	0.0006243
10	4.8251	0.0048251
11	0.2531	0.0002531
12	3.9477	0.0039477
13	0.1687	0.0001687
14	3.4419	0.0034419
15	0.3880	0.0003880
16	2.6658	0.0026658
17	0.2025	0.0002025
18	1.6703	0.0016703
19	0.2025	0.0002025
20	1.2291	0.0012291
21	0.2531	0.0002531
22	0.7254	0.0007254
23	0.3880	0.0003880

Sumber : Pengembangan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Di Kecamatan Turen”(Moh.Abdullah Ali,2009).

Karakteristik Kandidat Pipa yang akan dipasang

Untuk menentukan kandidat diameter pipa dan biaya terpasang diperlukan penaksiran anggaran biaya suatu pekerjaan. Penaksiran anggaran biaya suatu pekerjaan adalah proses perhitungan volume, harga bahan, upah kerja serta peralatan yang dipakai pada pelaksanaan pembuatan bangunan konstruksi.

Jenis dan Diameter Pipa

Pipa yang digunakan menggunakan pipa berbahan PVC (*Polyvinyl Chloride*). Bahan PVC merupakan terobosan inovatif yang hebat dan sangat menghematkan konsumen.

Tabel 3. Kandidat Diameter Pipa

II	Bahan Pipa	Ukuran	Satuan
	Pipa PVC	3/4"	Batang (4m)
		1"	batang
		2"	batang
		3"	batang
		4"	batang

Biaya Pemasangan Pipa

Sebagai sebuah sistem bangunan, instalasi pemipaan air bersih juga membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Besar kecilnya biaya dipengaruhi oleh model instalasi, letak instalasi pipa, jenis pipa, dan ukuran pipa.

- Harga satuan bahan

Harga bahan, upah kerja dan sewa peralatan didasarkan pada harga yang berlaku pada waktu dan tempat dimana proyek dikerjakan.

Tabel 4. Harga satuan upah

I	Tenaga	Harga (Rp)
	Pekerja	30.000
	Mandor Lapangan	65.000
	Tukang Pipa	40.000
	Tukang Gali	40.000
	Kepala Tukang	50.000

Sumber: berdasarkan harga yang berlaku di kota Malang

Tabel 5. Harga satuan bahan material

II	Bahan Pipa	Ukuran	Satuan	Harga (Rp)
	Pipa PVC	3/4"	Batang (4m)	19.455
		1"	batang	26.630
		2"	batang	58.610
		3"	batang	115.580
		4"	batang	191.570

Sumber: berdasarkan harga yang berlaku di kota Malang

- Harga satuan upah

Koefisien satuan pekerjaan mengacu pada koefisien satuan pekerjaan yang dikeluarkan oleh standar nasional (SNI) yang dikeluarkan secara berkala sehingga SNI tahun terbaru merupakan revisi edisi SNI sebelumnya.

Tabel 6. Daftar Harga Satuan Upah

No	Koef	Uraian Pekerjaan	Harga Satuan (Rp)	Harga Upah (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1		Galian Tanah Keras Max Kedalaman 1 m³			
	0.625	Pekerja	30.000	18.750	
	0.000	Tukang Gali	0	0	
	0.000	Kepala Tukang	0	0	
	0.062	Mandor	65.000	4.030	22.780
2		Galian Tanah Biasa Max Kedalaman 1 m³			
	0.400	Pekerja	30.000	12.000	
	0.000	Tukang Gali	0	0	
	0.000	Kepala Tukang	0	0	
	0.040	Mandor	65.000	2.600	14.600
3		Urugan Tanah Kembali 1 m³			
	0.192	Pekerja	30.000	5.760	
	0.000	Tukang Gali	0	0	
	0.000	Kepala Tukang	0	0	
	0.019	Mandor	65.000	1.235	6.995
4		Pemadatan Tanah 1 m³			
	0.500	Pekerja	30.000	15.000	
	0.000	Tukang Gali	0	0	
	0.000	Kepala Tukang	0	0	
	0.050	Mandor	65.000	3.250	18.250
5		Urugan Pasir 1 m³			
	1.200	pasir urug	10.0000	12.0000	
	0.300	Pekerja	30.000	9.000	
	0.000	Tukang Gali	0	0	
	0.000	Kepala Tukang	0	0	
	0.010	Mandor	65.000	650	129.650
6		Pembuangan Tanah Sejauh 150m / m³			
	0.192	Pekerja	30.000	5.760	
	0.000	Tukang Gali	0	0	

0.000	Kepala Tukang	0	0
0.050	Mandor	65.000	3.250
			9.010

Sumber : hasil perhitungan

- Harga Satuan Pekerjaan Pipa
 Harga Satuan Pekerjaan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisa.

Tabel 7. Harga Satuan Pekerjaan Pipa

No	Uraian Pekerjaan	Harga Satuan (Rp)	Harga Upah (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	Harga Terpasang (Rp)
1	Pemasangan Pipa PVC 3/4"				
	Bahan				
	Pipa PVC 3/4"	4.864	0		
	Perlengkapan (35% harga pipa)	6.809	0		
	Galian tanah biasa (0,50 x0,75)m	14.600	0		
	Urugan pasir	0	0		
	Urugan kembali dipadatkan	25.245	0		
	Tenaga				
	Pekerja	30.000	6.000		
	Mandor Lapangan	65.000	13.000		
	Tukang Pipa	40.000	8.000		
	Tukang Gali	40.000	8.000		
	Kepala Tukang	50.000	10.000		
				96.518	36.194
2	Pemasangan Pipa PVC 1"				
	Bahan				
	Pipa PVC 1"	6.658			
	Perlengkapan (35% harga pipa)	9.321	0		
	Galian tanah biasa (0,50 x0,75)m	14.600	0		
	Urugan pasir	0	0		
	Urugan kembali dipadatkan	25.245	0		
	Tenaga				
	Pekerja	30.000	6.000		
	Mandor Lapangan	65.000	13.000		
	Tukang Pipa	40.000	8.000		
	Tukang Gali	40.000	8.000		
	Kepala Tukang	50.000	10.000		
				100.823	37.809
3	Pemasangan Pipa PVC 2"				
	Bahan				
	Pipa PVC 2"	14.653	0		
	Perlengkapan (35% harga pipa)	20.514	0		
	Galian tanah biasa (0,50 x0,75)m	14.600	0		

Urugan pasir	0	0		
Urugan kembali dipadatkan	25.245	0		
Tenaga				
Pekerja	30.000	6.000		
Mandor Lapangan	65.000	13.000		
Tukang Pipa	40.000	8.000		
Tukang Gali	40.000	8.000		
Kepala Tukang	50.000	10.000		
			120.011	45.004
4 Pemasangan Pipa PVC 3"				
Bahan				
Pipa PVC 3"	28.895	0		
Perlengkapan (35% harga pipa)	40.453	0		
Galian tanah biasa (0,50 x0,75)m	14.600			
Urugan pasir	0	0		
Urugan kembali dipadatkan	25.245	0		
Tenaga				
Pekerja	30.000	6.000		
Mandor Lapangan	65.000	13.000		
Tukang Pipa	40.000	8.000		
Tukang Gali	40.000	8.000		
Kepala Tukang	50.000	10.000		
			154.193	57.822
5 Pemasangan Pipa PVC 4"				
Bahan				
Pipa PVC 4"	47.893	0		
Perlengkapan (35% harga pipa)	67.050	0		
Galian tanah biasa (0,50 x0,75)m	14.600	0		
Urugan pasir	0	0		
Urugan kembali dipadatkan	25.245	0		
Tenaga				
Pekerja	30.000	6.000		
Mandor Lapangan	65.000	13.000		
Tukang Pipa	40.000	8.000		
Tukang Gali	40.000	8.000		
Kepala Tukang	50.000	10.000		
			199.787	74.920

Sumber : hasil perhitungan

Sistem Persamaan Optimasi Berbasis Linear Programming

Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan digunakan untuk menentukan nilai optimum dari fungsi tersebut, yaitu maksimasi atau minimasi

$$Z_{\min} : C11.X11 + C12.X12 + C13.X13 + C14.X14 + C15.X15 + C21.X21 + C22.X22 + C23.X23 + C24.X24 + C25.X25 + C31.X31 + C32.X32 + C33.X33 + C34.X34 + C35.X35 + C41.X41 + C42.X42 + C43.X43 + C44.X44 + C45.X45 + C51.X51 + C52.X52 + C53.X53 + C54.X54 + C55.X55 + C235.X235$$

Dimana :

X11 : elemen pipa 1 kandidat diameter pipa 1
 C11 : cost 1 untuk kandidat pipa 1
 X12 : elemen pipa 1 kandidat diameter pipa 2
 C12 : cost 2 untuk kandidat pipa 1
 X13 : elemen pipa 1 kandidat diameter pipa 3
 C13 : cost 3 untuk kandidat pipa 1
 X14 : elemen pipa 1 kandidat diameter pipa 4
 C14 : cost 4 untuk kandidat pipa 1
 X15 : elemen pipa 1 kandidat diameter pipa 5
 C15 : cost 5 untuk kandidat pipa 1

Fungsi Pembatas

Fungsi pembatas, terdiri dari :

- Batas panjang elemen pipa

$X11 + X12 + X13 + X14 + X15 = 9448$
 $X21 + X22 + X23 + X24 + X25 = 199$
 $X31 + X32 + X33 + X34 + X35 = 225$
 $X41 + X42 + X43 + X44 + X45 = 611$
 $X51 + X52 + X53 + X54 + X55 = 1676$
 $X61 + X62 + X63 + X64 + X65 = 399$
 $X71 + X72 + X73 + X74 + X75 = 794$
 $X81 + X82 + X83 + X84 + X85 = 7$
 $X91 + X92 + X93 + X94 + X95 = 799$
 $X101 + X102 + X103 + X104 + X105 = 489$
 $X111 + X112 + X113 + X114 + X115 = 1360$
 $X121 + X122 + X123 + X124 + X125 = 908$
 $X131 + X132 + X133 + X134 + X135 = 103$
 $X141 + X142 + X143 + X144 + X145 = 592$
 $X151 + X152 + X153 + X154 + X155 = 411$
 $X161 + X162 + X163 + X164 + X165 = 573$
 $X171 + X172 + X173 + X174 + X175 = 10$
 $X181 + X182 + X183 + X184 + X185 = 254$
 $X191 + X192 + X193 + X194 + X195 = 106$
 $X201 + X202 + X203 + X204 + X205 = 250$
 $X211 + X212 + X213 + X214 + X215 = 410$
 $X221 + X222 + X223 + X224 + X225 = 433$
 $X231 + X232 + X233 + X234 + X235 = 368$

Dimana :

X11 : elemen pipa 1 kandidat diameter pipa 1
 X12 : elemen pipa 1 kandidat diameter pipa 2
 X13 : elemen pipa 1 kandidat diameter pipa 3
 X14 : elemen pipa 1 kandidat diameter pipa 4
 X15 : elemen pipa 1 kandidat diameter pipa 5,dst

Kehilangan Tinggi Energi

Tinggi energi pada elemen pipa dibutuhkan untuk mengatasi hambatan geseran yang terjadi saat mengalir.

Batas tekanan atas :

Simpul 3

$J11.X11 + J12.X12 + J12.X13 + J1.X14 + J15.X15 - J21.X21 + J22.X22 + J23.X23 + J24.X24 + J25.X25$ d" Hmas - H atas - El simpul 3)

Simpul 4

$J11.X11 + J12.X12 + J12.X13 + J1.X14 + J15.X15 - J31.X31 + J32.X32 + J33.X33 + J34.X34 + J35.X35$ d" (Hmas - H atas - El simpul 4)

Dan seterusnya hingga simpul 24

Batas tekanan bawah :

Simpul 3

$- J11.X11 + J12.X12 + J12.X13 + J1.X14 + J15.X15 - J21.X21 + J22.X22 + J23.X23 + J24.X24 + J25.X25$ d" (Hmas - H atas - El simpul 3)

Simpul 4

$+ J11.X11 + J12.X12 + J12.X13 + J1.X14 + J15.X15 - J31.X31 + J32.X32 + J33.X33 + J34.X34 + J35.X35$ d" (Hmas - H atas - El simpul 4)

Dan seterusnya hingga simpul 24

Dimana :

Hmas : elevasi muka air di sumber air/ tandon (meter).
 El_simpul : elevasi simpul (meter).
 H_bawah : batas tekanan relatif minimum yang diijinkan pada tiap simpul layanan (10 m).
 H_atas : batas tekanan relatif maksimum yang diijinkan pada tiap simpul layanan (30m).
 X11 : elemen pipa 1 kandidat diameter pipa 1
 J11 : kehilangan pipa 1 kandidat diameter pipa 1
 X12 : elemen pipa 1 kandidat diameter pipa 2

- J12 : kehilangan pipa 1 kandidat diameter pipa 2 J14 : kehilangan pipa 1 kandidat diameter pipa 4
 X13 : elemen pipa 1 kandidat diameter pipa 3 X15 : elemen pipa 1 kandidat diameter pipa 5
 J13 : kehilangan pipa 1 kandidat diameter pipa 3 J15 : kehilangan pipa 1 kandidat diameter pipa 5
 X14 : elemen pipa 1 kandidat diameter pipa 4

Tabel 8. Kehilangan Energy

No	Kehilangan Energy (m)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	94732.4637	22.6905	10.0837	3748.4068	868.4417	138.0600	30.5136	0.7982	63.4234
2	34494.0698	8.2621	1.2239	1364.8732	316.2178	316.2178	11.1106	0.2906	23.0938
3	1619.7827	0.3880	0.0575	64.0921	14.8490	14.8490	0.5217	0.0136	1.0844
4	237.8453	0.0570	0.0084	9.4111	2.1804	2.1804	0.0766	0.0020	0.1592
5	35.675	0.0171	0.0025	2.8218	0.6538	0.6538	0.0230	0.0006	0.0477

No	Kehilangan Energy (m)								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1915.5098	20.3168	2173.4506	0.7265	1105.6657	13.5334	667.0540	0.0989	124.5171
2	697.4772	7.3978	791.3988	0.2645	402.5960	4.9278	242.8883	0.0360	45.3393
3	32.7523	0.3474	37.1627	0.0124	18.9052	0.2314	11.4056	0.0017	2.1291
4	4.8093	0.0510	5.4569	0.0018	2.7760	0.0340	1.6748	0.0002	0.3126
5	1.4420	0.0153	1.6362	0.0005	0.8324	0.0102	0.5022	0.0001	0.0937

No	Kehilangan Energy (m)				
	19	20	21	22	23
1	1.0481	69.4867	6.1249	45.3714	12.1175
2	0.3816	25.3016	2.2302	16.5207	4.4122
3	0.0179	1.1881	0.1047	0.7758	0.2072
4	0.0026	0.1745	0.0154	0.1139	0.0304
5	0.0008	0.0523	0.0046	0.0342	0.0091

Sumber : hasil perhitungan

Tabel 9. Kehilangan Energy per Satuan Panjang Pipa

No	Kehilangan Energy (m)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	10.0267	0.1140	0.0448	6.1349	0.5182	0.3460	0.0384	0.1140	0.0794
2	3.6509	0.0415	0.0054	2.2338	0.1887	0.7925	0.0140	0.0415	0.0289
3	0.1714	0.0019	0.0003	0.1049	0.0089	0.0372	0.0007	0.0019	0.0014
4	0.0252	0.0003	0.00004	0.0154	0.0013	0.0055	0.0001	0.0003	0.0002
5	0.0038	0.0001	0.00001	0.0046	0.0004	0.0016	0.00003	0.0001	0.0001

No	Kehilangan Energy (m)								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	3.4891	0.0149	2.4069	0.0071	1.8677	0.0329	1.1641	0.0099	0.4902
2	1.2705	0.0054	0.8764	0.0026	0.6801	0.0120	0.4239	0.0036	0.1785
3	0.0597	0.0003	0.0412	0.0001	0.0319	0.0006	0.0199	0.0002	0.0084
4	0.0088	0.00004	0.0060	0.00002	0.0047	0.0001	0.0029	0.00002	0.0012
5	0.0026	0.00001	0.0018	0.00001	0.0014	0.00002	0.0009	0.00001	0.0004

No	Kehilangan Energy (m)				
	19	20	21	22	23
1	0.0099	0.2779	0.0149	0.1048	0.0329
2	0.0036	0.1012	0.0054	0.0382	0.0120
3	0.0002	0.0048	0.0003	0.0018	0.0006
4	0.00002	0.0007	0.00004	0.0003	0.0001
5	0.00001	0.0002	0.00001	0.0001	0.00002

Sumber : hasil perhitungan

Justifikasi Diameter Pipa

Dalam sebuah kegiatan perancangan sistim distribusi disamping kondisi optimum harus dicapai, kondisi ideal sebuah jaringan juga harus dipenuhi. Untuk maksud tersebut maka langkah justifikasi terhadap diameter optimal yang telah diperoleh dari analisis linear programming masih diperlukan, mengingat upaya memasukkan masalah tersebut kedalam fungsi constraint dari sistim persamaan linear programming sulit dilakukan

Tabel 10. Justifikasi Diameter Pipa

Elemen Pipa	Kandidat Pipa	Diameter Justifikasi	Ukuran Pipa (inc)
1	5	9448	4"
2	1	199	3/4"
3	1	225	3/4"
4	5	611	4"
5	4	909.6579	3"
6	4	399	3"
7	2	588.4303	1"
8	3	7	2"
9	3	799	2"
10	4	549	3"
11	1	1360	3/4"
12	4	903	3"
13	1	103	3/4"
14	4	592	3"
15	1	411	3/4"
16	4	573	3"
17	1	10	3/4"
18	4	254	3"
19	1	106	3/4"
20	3	250	2"
21	2	393.7843	1"
22	3	433	2"
23	3	268	2"

Sumber : hasil perhitungan

Tekanan Absolut dan Relatif pada Simpul Layanan

Tekanan absolut adalah tekanan yang diukur terhadap tekanan nol absolut atau vakum absolut (*Absolut Zero*),sedang tekanan relative atau tekanan terukur (*gage pressure*) adalah tekanan yang diukur terhadap tekanan atmosfer setempat.

Tabel 11. Tekanan Absolut dan Relatif

No	Simpul	Q Kebutuhan (m ³ /dt)	Tekanan Relatif (m)	Tekanan Absolut (m)
1	simpul 3	0.0007593	22.6520	417.6520
2	simpul 4	0.0002531	27.2588	430.2588
3	simpul 8	0.0004218	20.5914	428.5914
4	simpul 10	0.0006243	12.7214	435.7214
5	simpul 12	0.0002531	23.3946	412.3946
6	simpul 14	0.0001687	26.5280	426.5280
7	simpul 16	0.0003880	12.9451	410.9451
8	simpul 18	0.0002025	12.7048	422.7048
9	simpul 20	0.0002025	10.4430	421.4430
10	simpul 22	0.0002531	13.8539	429.8539
11	simpul 24	0.0003880	13.2787	429.2787

Sumber : hasil perhitungan

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi optimum memang benar-benar tercapai sesuai fungsi pembatas yang diberikan, yaitu tinggi tekan relatif ijin terletak antara +10.00 meter sampai +30.00 meter.



Gambar 3. Tinggi Tekan pada simpul layanan

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil perhitungan yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Optimasi jaringan pipa dengan menggunakan linear programming terdiri dua fungsi yaitu fungsi tujuan berupa minimalisasi biaya investasi pipa dengan bentuk persamaan $Z \text{ min} = C_{11}.X_{11} + C_{12}.X_{12} + C_{13}.X_{13} + C_{14}.X_{14} + C_{15}.X_{15}$ dan fungsi pembatas berupa panjang setiap elemen pipa dengan bentuk constrain $X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15}$, syarat tekanan relative minimum dan maksimum sesuai kriteria perencanaan yang ditetapkan.
- Sistim persamaan linear programming yang dikembangkan mampu menyelesaikan masalah

pencarian diameter optimum jaringan pipa terbuka dengan sangat memuaskan dan didapat diameter yang optimal pada masing - masing pipa .

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M Abdullah, 2010. *Pengembangan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Di Kecamatan Turen*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang. Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.
- Kodoatie, Robert J., 2002, *Hidrologi Terapan: Aliran Pada Saluran Terbuka Dan Pipa*, Terjemahan oleh Sasongko, Erlangga, Jakarta.
- Mays, Larry W., and Yeo-Koung tung, 2002, *Hidrosistem Engineering and Management, Part II*
- Noerbambang, M. Soufyan, Takeo Morimura. 2002. *Perencanaan dan Pemeliharaan Sistem Plambing*, PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Ray K., Linsley, Joseph B Franzini, 1996, *Teknik Sumber Daya Air, Jilid I dan Jilid II*, Terjemahan oleh Sasongko, Erlangga, Jakarta.
- Triadmodjo, Bambang, 1996, *Hidrolika II, Beta Off Set*, Yogyakarta.