

STUDI PERENCANAAN PIPA TRANSMISI DALAM PEMANFAATAN SUMBER MATA AIR UMBULAN UNTUK KOTA SURABAYA

Indra Cahya Purnama, Nadjadji Anwar, dan Wasis Wardoyo.

Jurusan Teknis Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: nadjadji@ce.its.ac.id; wasis@ce.its.ac.id

Abstrak— Pemerintah Provinsi (pemprov) Jawa Timur berencana untuk memanfaatkan sumber air artesis di Umbulan untuk pemenuhan kebutuhan air bersih masyarakatnya. Air tersebut akan dialirkan melalui pipa ke beberapa daerah, yaitu Umbulan, Kabupaten Pasuruan, Kota Pasuruan, Kabupaten Sidoarjo, Kota Surabaya, dan Kota Gresik.

Pipa yang akan terbentang dari Umbulan hingga Kota Gresik ini akan dibangun oleh Pemprov Jawa Timur. Pemprov Jawa Timur akan menyediakan *offtake* pada setiap kota yang dilewati pipa tersebut. Selanjutnya Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) masing-masing kota akan mengelola air tersebut dan didistribusikan kepada masyarakat. PDAM Surya Sembada Kota Surabaya direncanakan menerima debit 1000 liter/detik dari proyek ini.

Saat ini Surabaya memiliki enam instalasi penjernihan air untuk memenuhi kebutuhan air bersih warganya. Instalasi tersebut tersebar di dua tempat yaitu tiga unit di Ngagel dan tiga unit di Karang Pilang. Kapasitas dari instalasi tersebut adalah 10.830 liter/detik.

Studi ini dilakukan terhadap pipa transmisi yang akan dibangun oleh PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dalam pemanfaatan sumber mata air Umbulan. Analisanya meliputi perhitungan debit kebutuhan air di wilayah rencana pelayanan, dimensi pipa, volume reservoir, pemilihan tipe pompa dan analisa perkiraan biaya untuk membangun pipa transmisi tersebut.

Dari hasil studi didapat pipa transmisi yang efisien dalam mengalirkan air umbulan ini adalah pipa steel berdiameter 500 dengan pompa bertekanan 70,23 meter.

Kata Kunci : tekanan, debit, transmisi, pipa.

I. PENDAHULUAN

Pemerintah Provinsi (pemprov) Jawa Timur berencana untuk memanfaatkan sumber air artesis di Umbulan untuk pemenuhan kebutuhan air bersih masyarakatnya. Air tersebut akan dialirkan melalui pipa distribusi yang akan melewati daerah Umbulan, Kabupaten Pasuruan, Kota Pasuruan, Kabupaten Sidoarjo, Kota Surabaya, dan Kota Gresik. Dengan program ini diharapkan daerah tersebut dapat terpenuhi kebutuhan air bersihnya secara kualitas, kuantitas, dan kontinuitas.

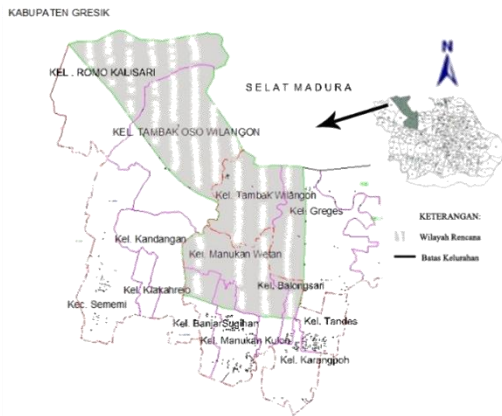
Pemprov Jawa Timur akan menyediakan *offtake* pada setiap kota yang dilewati pipa tersebut. Selanjutnya Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) masing-masing kota akan mengelola air tersebut dan didistribusikan kepada masyarakat. PDAM Surya Sembada Kota Surabaya direncanakan menerima debit 1000 liter/detik dari proyek ini.

PDAM Surya Sembada Kota Surabaya saat ini memiliki instalasi di Ngagel, Karang pilang dan luar kota dengan total kapasitas terpasang sebesar 10.830 liter/detik. Sementara itu cakupan

pelayanan hingga Oktober 2014 sudah mencapai 91%.

Pertumbuhan wilayah Barat Surabaya yang sangat cepat sebagai daerah pemukiman, bisnis dan industri diiringi dengan meningkatnya kebutuhan air bersih. Pertumbuhan ini masih akan terus berlangsung mengingat masih banyak lahan yang berpotensi menjadi area perumahan dan perindustrian. Selain itu adanya pembangunan Jalan Lingkar Barat dan Pelabuhan Teluk Lamong akan menjadi katalis dalam perkembangan di wilayah Surabaya Barat. Untuk itu perlu diadakan studi dalam pemenuhan kebutuhan air bersih di wilayah tersebut dengan memanfaatkan sumber mata air Umbulan.

Studi yang akan dilakukan adalah terhadap perencanaan pipa transmisi dimana daerah yang akan dilayani air bersihnya dari sumber air umbulan adalah Kelurahan Banjarsugihan, Manukan Wetan, Bibis, Balongsari, Buntaran, Tambak Lagon, Tambak Osowilangon (gambar 1).



Gambar 1. Peta Daerah Pelayanan Rencana Air Umbulan

II. TINJAUAN PUSTAKA

Aliran dalam Pipa

Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran dan digunakan untuk menyalurkan fluida dan gas dengan tampang aliran penuh^[1]. Kehilangan energi pada pipa terbagi menjadi dua yaitu, kehilangan mayor dan minor. Kehilangan mayor disebabkan akibat gesekan antara zat yang mengalir pada pipa dan penampang pipa, sedangkan kehilangan minor terjadi akibat adanya perubahan penampang, belokan dan aksesoris pipa,

Proyeksi Jumlah Penduduk^[2]

Analisa Proyeksi Penduduk Metode Linier Metode ini mengasumsikan pertumbuhan penduduk yang jumlahnya konstan dari tahun ketahun. Model matematisnya adalah sebagai berikut :

$$P_n = P_o + na$$

Dimana:

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke n

P_o = Jumlah penduduk pada tahun ke dasar pengamatan

n = Tambahan tahun dihitung dari tahun dasar

a = Jumlah pertambahan penduduk tiap tahun

Analisa Proyeksi Metode Bunga Berganda

Metode ini menasumsikan bahwa tingkat pertumbuhan penduduk tiap tahunnya akan selalu proporsional dengan jumlah penduduk tahun sebelumnya. Ada suatu variable yang bersifat konstan, yaitu laju pertumbuhan penduduk,

bukan jumlah pertumbuhan penduduk. Model matematisnya adalah sebagai berikut:

$$P_n = P_o (1+r)^n$$

Dimana:

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke n

P_o = Jumlah penduduk pada tahun ke dasar pengamatan

n = Periode pengamatan

r = Persentase laju pertumbuhan tiap tahun

Analisa Proyeksi Metode Regresi Linier

Asumsi dasar penggunaan regresi linier adalah adanya korelasi yang linier antara tahun pengamatan dengan jumlah penduduk dengan pada tahun pengamatan tersebut. Model matematisnya adalah sebagai berikut:

$$P = a + bx$$

Dimana:

P = Jumlah penduduk pada tahun ke x

x = Tambahan tahun dihitung dari tahun dasar

a, b = Konstanta dengan rumus sebagai berikut:

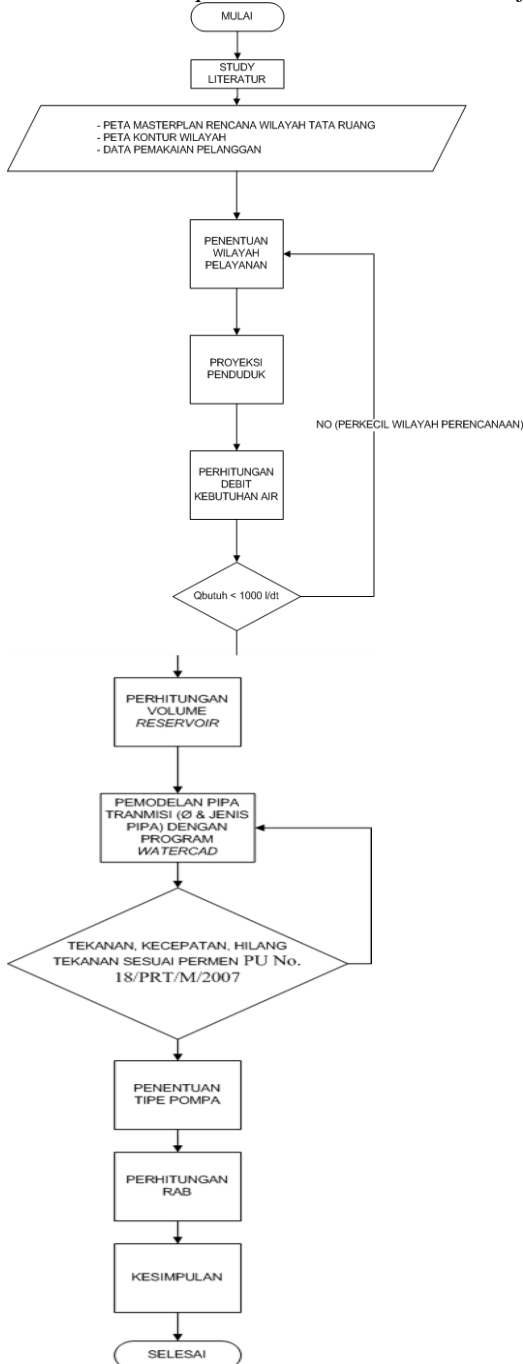
$$a = \frac{\sum P \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum Px}{N \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{N \cdot \sum Px - \sum x \cdot \sum P}{N \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

III. METODOLOGI

Metode perencanaan disusun untuk mempermudah pelaksanaan *studi*, guna memperoleh pemecahan masalah sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Dengan prosedur kerja yang sistematis, teratur dan tertib sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Perencanaan Pipa Transmisi dalam Pemanfaatan Sumber Mata Air Umbulan untuk Kota Surabaya



Gambar 2. Diagram Alur Penyelesaian Tugas Akhir ANALISA DAN PEMBAHASAN

Jalur Pipa Transmisi

Jalur pipa transmisi dipilih berdasarkan jalur terpendek dan adanya akses jalan (diusahakan mengikuti jalan yang ada). Sedangkan untuk lokasi reservoir dipilih berdasarkan asset yang dimiliki oleh PDAM yang paling dekat di wilayah tersebut. Dengan mempertimbangkan hal-hal diatas maka dipilih jalur pipa dari offtake di Kandangan. Kemudian air akan masuk ke *booster pump* yang berada di Jl. Kandangan Jaya.

Dari *booster pump* tersebut pipa akan akan dipasang mengikuti akses jalan yang ada yaitu mulai Jl. Raya Kandangan sampai Jl. Raya Bibis kemudian belok ke Jl. Margomulyo lalu masuk ke reservoir di kompleks pergudangan margomulyo. Peta jalur pipa transmisi dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Jalur Pipa Transmisi

Debit Kebutuhan Air Bersih

Proyeksi Penduduk Wilayah Pelayanan Rencana Proyeksi dilakukan dengan menggunakan data penduduk per kecamatan selama 4 tahun yaitu mulai Tahun 2010 sampai dengan 2013 (Tabel 1).

Tabel 1 Jumlah Penduduk per Kelurahan Tahun 2010-2013 pada Daerah Perencanaan

Nama Kelurahan	Luas Kelurahan (km ²)	Luas Rencana Pelayanan Dalam Kelurahan (km ²)	2010 (orang)	2011 (orang)	2012 (orang)	2013 (orang)
Kecamatan Asemrowo						
Tambak Langon	2.76	2.76	2,168	2,190	2,213	2,216
Greges	4.67	1.82	4,340	4,542	4,710	4,931
Kecamatan Benowo						
Tambak Oso Wilangun	8.46	5.23	3,459	3,462	3,486	3,557
Romo Kalisari	7.58	4.08	2,127	2,220	2,313	2,383
Kecamatan Tandes						
Balongsari	1.25	0.44	11,765	11,933	12,178	-
Manukan Wetan	2.88	2.43	8,359	8,894	9,038	-
Manukan Kulon	2.00	0.32	35,281	35,631	35,782	-
Banjarsugihan	1.02	0.58	11,872	12,131	12,263	-

sumber: BPS Kota Surabaya

Berikut tabulasi hasil perkiraan jumlah penduduk dengan ketiga metode proyeksi (Tabel 2).

Tabel 2 Proyeksi Jumlah Penduduk per Kelurahan di Wilayah Perencanaan pada Tahun 2029

Nama Kelurahan	Metode Linier	Metode Bunga Berganda	Metode Regresi Linier	Maksimum
	(orang)	(orang)	(orang)	(orang)
Kecamatan Asemrowo				
Tambak Langon	2472	2491	2489	2491
Greges	8083	9744	8028	9744
Kecamatan Benowo				
Tambak Oso Wilangun	4080	4131	4048	4131
Romo Kalisari	3748	4370	3768	4370
Kecamatan Tandés				
Balongsari	15689	16330	15676	16330
Manukan Wetan	14810	17642	14875	17642
Manukan Kulon	40041	40341	40074	40341
Banjarsugihan	15587	16156	15608	16156

Karena tidak seluruh wilayah kelurahan merupakan daerah pelayanan rencana Air Umbulan, maka untuk mendapatkan proyeksi jumlah penduduk di Tahun 2029, dihitung secara proporsional berdasarkan luas kelurahan di daerah pelayanan (Tabel 3). Dari hasil perhitungan didapat total penduduk di wilayah pelayanan rencana adalah 47 488 jiwa.

Tabel 3 Perhitungan Jumlah Penduduk di Daerah Pelayanan Air Umbulan

Nama Kelurahan	Luas Kelurahan	Luas Daerah Pelayanan Dalam Kelurahan	Persentase	Proyeksi Penduduk Tahun 2029	Jumlah Penduduk di Daerah Rencana
	(km ²)	(km ²)	(%)		(orang)
Kecamatan Asemrowo					
Tambak Langon	2.76	2.76	100.00	2,491	2,491
Greges	4.67	1.82	38.97	9,744	3,797
Kecamatan Benowo					
Tambak Oso Wilangun	8.46	5.23	61.82	4,131	2,554
Romo Kalisari	7.58	4.08	53.83	4,370	2,352
Kecamatan Tandés					
Balongsari	1.25	0.44	35.20	16,330	5,748
Manukan Wetan	2.88	2.43	84.48	17,642	14,904
Manukan Kulon	2.00	0.32	16.00	40,341	6,455
Banjarsugihan	1.02	0.58	56.86	16,156	9,187
				Jumlah	47,488

Debit Kebutuhan Rencana

Dengan jumlah penduduk 47.488 orang, maka wilayah pelayanan termasuk dalam kategori kota kecil. Kriteria tersebut mengacu pada Petunjuk Teknis Rencana Induk dan Studi Kelayakan Sistem Penyedia Air Minum, DPU Dirjen Cipta Karya, 1998. Dengan kriteria tersebut didapat debit kebutuhan air bersih di wilayah perencanaan adalah 269,69 liter/detik.

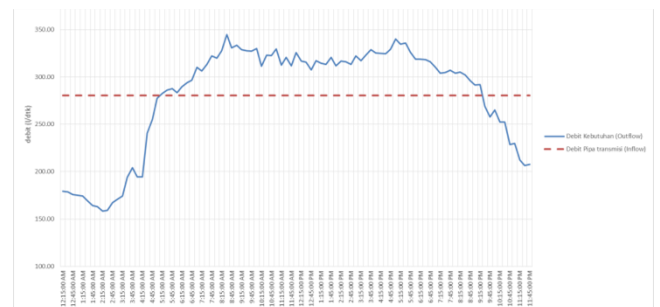
Debit di Dalam Pipa Transmisi dan Volume Reservoir

Debit yang mengalir di dalam pipa transmisi direncanakan tetap, sedangkan debit pemakaian berfluktuasi. Ketika debit pemakaian lebih kecil dari debit di pipa transmisi, maka reservoir akan

terisi. Sedangkan saat debit pemakaian lebih besar dari debit di pipa transmisi, maka volume reservoir akan terkuras (terpakai).

Reservoir yang efisien adalah reservoir yang memiliki nilai selisih volume pengisian dan pemakaian sama dengan nol. Variabel yang dapat diubah untuk mencapai hal tersebut adalah debit pada pipa transmisi. Maka dilakukan *trial n error* pada debit pipa transmisi agar tercapai volume reservoir yang efisien.

Dari analisa didapat debit pada pipa transmisi adalah 280,27 liter/detik dan volume reservoir sebesar 2.236,82 m³ (termasuk volume mati). Berikut grafik kinerja reservoir antara debit pemakaian (*outflow*) dan debit pada pipa transmisi (*Inflow*).



Gambar 4. Kinerja Reservoir di Wilayah Rencana

Pemodelan Pipa Transmisi dengan Program Watercad

Pemodelan dilakukan sesuai dengan Permen PU No. 18/PRT/M/2007 pada tabel kriteria pipa transmisi, yaitu dengan pipa PVC (Ø300 dan Ø400) dan DCI (Ø300, Ø400, Ø500, Ø600 dan Ø800). Namun karena pipa DCI sulit didapatkan maka material tersebut digantri dengan pipa *steel*. Berikut hasil analisa hidrolika 7 pemodelan yang telah ditentukan dengan asumsi pompa awal memiliki tekanan sebesar 30 m.

Tabel 4 Hasil Analisa Pemodelan Pipa Transmisi

No	Nama	Material Pipa	Diameter Pipa	Asumsi H pompa	Hasil Analisa Program WaterCad				Keterangan
					Tekanan maksimum dalam pipa	Kecepatan	Tekanan pada junction terjauh (H)	Hilang Tinggi Tekanan (ΔH)	
-	-	-	mm	m H ₂ O	m H ₂ O	m/detik	m H ₂ O	m H ₂ O	-
1	Pemodelan 1	Steel	300	30	15.86	3.97	(193.32)	213.32	H < Hmin(10 m H ₂ O)*
2	Pemodelan 2	Steel	400	30	25.13	2.23	(27.27)	57.27	H < Hmin(10 m H ₂ O)*
3	Pemodelan 3	Steel	500	30	27.13	1.43	8.93	21.07	H < Hmin(10 m H ₂ O)*
4	Pemodelan 4	Steel	600	30	27.23	0.99	19.17	10.83	
5	Pemodelan 5	Steel	800	30	28.05	0.56	25.40	4.60	NOT OK v < vmin (0,6 m/dtk)
6	Pemodelan 6	PVC	300	30	17.34	3.97	(166.86)	196.86	H < Hmin(10 m H ₂ O)*
7	Pemodelan 7	PVC	400	30	25.46	2.23	(20.55)	50.55	H < Hmin(10 m H ₂ O)*

Dalam pemodelan awal, yang pertama diperhatikan adalah kecepatan aliran dalam pipa.

Jika kecepataannya diluar dari kriteria pipa transmisi, maka pemodelan tidak dapat digunakan. Pada tabel di atas dapat dilihat kecepatan aliran pada pipa *steel* Ø 800 lebih kecil dari kecepatan minimum yaitu 0,6 meter/detik. Maka Pemodelan tersebut tereleminasi.

Yang kedua adalah total hilang tekanan. Permen PU No. 18/PRT/M/2007 mengatur hilang tinggi tekanan maksimal adalah 30% dari tekanan pompa. Maka dibuat pemodelan sesuai kriteria tersebut dan didapat hasilnya pada tabel 5.

Tabel 5 Hasil Analisa Pemodelan Pipa Transmisi dengan Pompa yang telah Disesuaikan

No	Nama	Materi Pipa	Diameter Pipa	Hasil Analisa Program WaterCad Awal			Hasil Analisa Program WaterCad			Keterangan
				Tekanan maksimum dalam pipa	Hilang Tinggi Tekanan	Tekanan Pompa (P) perlu	Tekanan maksimum dalam pipa pompa diperluan	tekanan pada Junction terjauh dengan pompa diperluan	tekanan ljin di dalam pipa	
-	-	-	mm	m H ₂ O	m H ₂ O	m H ₂ O	m H ₂ O	m H ₂ O	m H ₂ O	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Pemodelan 1	Steel	300	15.86	213.32	711.07	696.74	497.75	100.00	NOTOK
2	Pemodelan 2	Steel	400	25.13	57.27	190.90	188.31	133.69	100.00	NOTOK
3	Pemodelan 3	Steel	500	27.13	21.07	70.23	67.43	49.16	100.00	OK
4	Pemodelan 4	Steel	600	27.23	10.83	36.10	33.84	25.27	100.00	OK
5	Pemodelan 5	Steel	800	-	-	-	-	-	-	-
6	Pemodelan 6	PVC	300	17.34	196.86	656.20	644.20	459.34	70.00	NOTOK
7	Pemodelan 7	PVC	400	25.48	50.55	166.30	164.23	117.95	70.00	NOTOK

Dari hasil tersebut didapatkan pemodelan yang dapat digunakan pada pipa transmisi ini pipa adalah dengan material *steel* dan berdiameter 500 dan 600.

Tipe Pompa

Dalam studi kali ini direncanakan menggunakan pompa booster merk *Grundfos* dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 6. Spesifikasi Pompa Booster yang Dibutuhkan

No	Nama	Material Pipa	Diameter Pipa	Q	Tekanan Pompa (Hf) perlu	Tipe Pompa
-	-	-	mm	m ³ /detik	m H ₂ O	
1	2	3	4	5	6	7
1	Pemodelan 3	steel	500	0.094	70.23	NK-150-400/343
2	Pemodelan 4	steel	600	0.094	36.10	NK-150-315/338

Pada tabel 6 terdapat tipe pompa *Grundfos* yang didapat berdasarkan grafik pompa dari pabrik pompa tersebut.

Volume dan RAB

Selanjutnya kedua pemodelan tersebut dibandingkan dari segi ekonomi. Tujuannya sebagai salah satu pertimbangan dalam mengambil keputusan. Berikut perbandingan biaya total dari kedua pemodelan.

Tabel 7. Hasil Analisa Pemodelan Pipa Transmisi

Nama Pekerjaan	Nilai	
	Opsi 1	Opsi 2
	(Rp.)	(Rp.)
Reservoir	6,941,435,200	6,941,435,200
Material dan Aksesoris	8,079,461,366	11,171,247,080
Galian dan Rekondisi	10,389,280,201	11,300,981,128
Pompa	1,485,413,645	1,738,663,960
Jembatan Pipa	299,000,762	299,000,762
Total	27,194,591,174	31,451,328,130

Dari tabel 7 didapat nilai investasi yang lebih kecil yaitu dengan membangun pipa transmisi dengan material *steel* berdiameter 500 mm.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan peta pelayanan PDAM Kota Surabaya, wilayah yang akan dilayani dari proyek umbulan ini adalah sub zona 424, 425, 429, 430, daan 431.
2. Debit kebutuhan air di daerah rencana pelayanan air umbulan adalah 269.69 l/detik.
3. Air akan dialiri melalui pipa transmisi yang akan dibangun dari rumah pompa kandangan melawati Jl. Raya Tandes kemudian masuk ke Jl. Margomulyo hingga masuk ke *reservoir* di Margomulyo.
4. Pipa transmisi yang efisien untuk mengalirkan air umbulan ini adalah Pipa *Steel* berdiameter 500 mm
5. Volume *reservoir* yang dibutuhkan untuk dapat melayani wilayah perencanaan adalah 2.236,82 m³.
6. Pompa yang dibutuhkan adalah 4 unit (3 *ON*; 1 *OFF*) dengan debit masing-masing pompa 94 liter/detik dan tekanan 70,23 m.
7. Dari sisi ekonomi, pemodelan yang nilai pekerjaannya termurah pemodelan 3, yaitu dengan material *steel* diameter 500 mm dengan nilai pembangunan Rp.25.269.896.532,-.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Triatmodjo, B. (1993). *Hidraulika II*. Yogyakarta: Beta Offset.
 [2] PERMEN PU NO. 18/PRT/M/2007. (2007). *Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyedia Air Minum*. Jakarta.