

Perencanaan Sistem Distribusi Air Bersih Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan

Planning for Clean Water Distribution System at Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan

Anton Cristiyani¹, Anna Rosytha²

¹Program Studi Teknik Sipil , Fakultas Teknik, Universitas Mumammadiyah Surabaya, Jl. Sutorejo No. 59
Surabaya.

Telp: (031) 3811966. Email : anton.cristiyani@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil , Fakultas Teknik, Universitas Mumammadiyah Surabaya, Jl. Sutorejo No. 59
Surabaya.

Telp: (031) 3811966. Email : annarosytha79@gmail.com

Abstrak

Kecamatan Maduran yang terdiri dari 17 desa berada di Kabupaten Lamongan merupakan salah satu daerah yang mengalami peningkatan jumlah penduduk yang cukup tinggi tetapi tidak diimbangi dengan peningkatan distribusi air minum yang baik, sehingga daerah ini sering mengalami kesulitan air bersih khususnya di musim kemarau. Dalam studi ini dilakukan perencanaan distribusi air bersih SPAM yang akan diambilkan IPAM Kecamatan Sekarang, dimana berdasarkan data dari Perum Jasa Tirta IPAM Sekarang memiliki debit 30 l/dtk dan hanya melayani dengan besaran debit 15,18 l/dtk. Sehingga memiliki cadangan debit 14,82 l/dtk. Cadangan debit ini yang akan dihitung sampai berapa besar dapat didistribusikan ke Kecamatan Maduran dengan menggunakan data pertumbuhan penduduk 10 tahun kedepan. Dengan menggunakan metode geometri diketahui perkiraan jumlah penduduk sampai dengan tahun 2029 sebesar 39.929 Jiwa dengan kebutuhan air bersih sebesar 55,47 lt/dt sehingga dari hasil perhitungan didapatkan sisa debit dari IPAM Serkarang hanya mampu mengairi 4 desa dengan total kebutuhan 12,22 l/dtk pada jam puncak. Hasil Analisis dengan *Watercad* V8i didapatkan diameter pipa yang efisien adalah 150mm dan 100mm. Sistem distribusi yang dapat digunakan adalah sistem bercabang dengan *pump system* dan menggunakan konsep *intermittent system*.

Kata Kunci: SPAM; maduran; *watercad*; *intermittent system*

Abstract

Kecamatan Maduran which consists of 17 villages located at Kabupaten Lamongan is one of the areas that increases the population quite high but does not increase with an increase in good air distribution, so this area often experiences clean water difficulties in the dry season. In this study, planning for the distribution of clean water for SPAM to be taken by IPAM Kecamatan Sekaran, based on data from Perum Jasa Tirta IPAM Now has a debit of 30 l/s and only serves with a discharge of 15.18 l/s. So it has a debit reserve of 14.82 l/s. This debit reserve will be calculated to what extent it can be distributed to the Kecamatan Maduran using population growth data for the next 10 years. By using the geometric method, it is known that the estimated population up to 2029 is 39,929 people with a clean water requirement of 55.47 l/sec so that from the calculation of the remaining discharge from the IPAM Sekaran, it is only able to irrigate 4 villages with a total need of 12.22 l/s in peak hour. The results of the analysis with Watercad V8i obtained that the efficient pipe diameters are 150mm and 100mm. The distribution system that can be used is a branched system with a pump system and uses the concept of an intermittent system

Keywords: SPAM; maduran; *watercad*; *intermittent system*

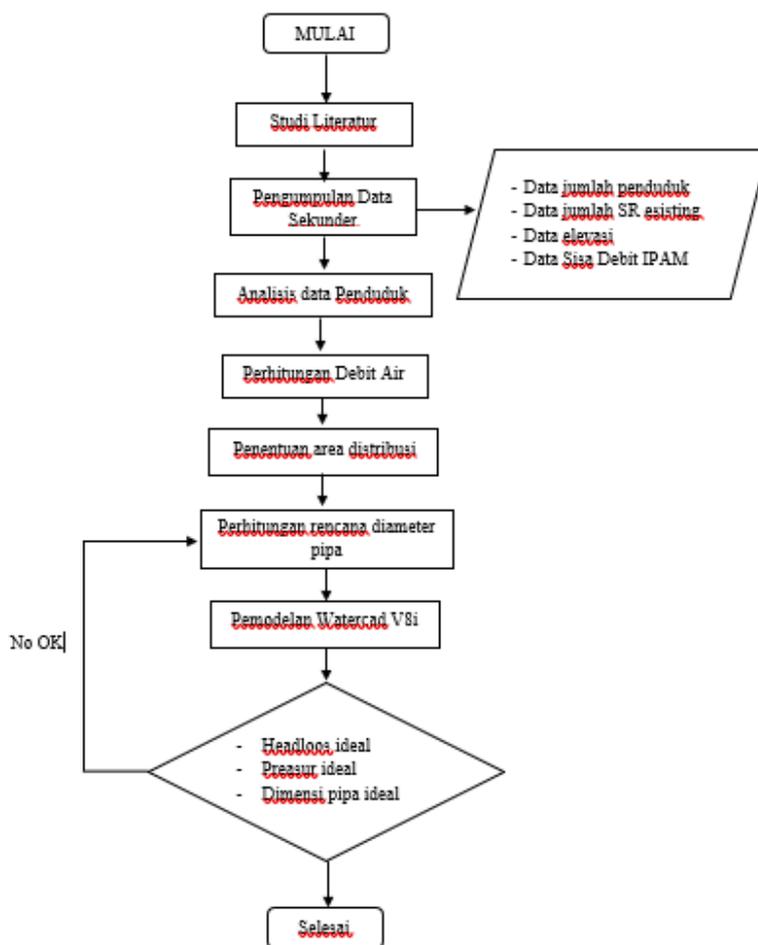
PENDAHULUAN

Air memiliki peran yang penting bagi kehidupan makhluk hidup, tanpa air semua makhluk hidup yang ada di bumi akan mati. Maka dari itu air salah satu kebutuhan pokok bagi semua makhluk hidup, terutama bagi manusia.

Ketersediaan air bersih di sekitar wilayah bendung gerak Babat Sungai Bengawan Solo mencakup Kecamatan Babat, Kecamatan Sekaran, Kecamatan Maduran, Kecamatan Widang, dan Kecamatan Laren. Di Kecamatan tersebut sangat dibutuhkan oleh masyarakat untuk ketersediaan air bersih, dimana Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo masuk pada wilayah kerja Perum Jasa Tirta I atau juga disebut PJT 1. Maka sesuai dengan tugasnya untuk menyelenggarakan pemanfaatan umum atas air dan sumber-sumber air yang bermutu dan memadai bagi pemenuhan hajat hidup orang banyak. Sistem Penyedia Air Minum (SPAM) Sekaran, mulai operasional pada bulan April tahun 2012 dengan kapasitas Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) 30 liter/detik, sampai dengan akhir bulan Maret 2019, jumlah pelanggan SPAM Sekaran adalah 3.523 SR, dan kapasitas yang terserap adalah hanya 15 liter/detik. (Sumber: Master Plan Bisnis Sistem Penyediaan Air Minum PJT 1 2019.

Maka SPAM Sekaran memiliki kelebihan produksi 15 liter/detik. Sehingga deviasi tersebut akan di optimalkan ke area yang berpotensi mendapatkan layanan. sehubungan lokasi Kecamatan Maduran berbatasan langsung dengan Kecamatan Sekaran dan pipa induk SPAM Sekaran berada di perbatasan Kecamatan, maka Kecamatan Maduran lah yang paling ideal untuk mendapatkan layanan distribusi air bersih dari SPAM Sekaran . Untuk pendistribusian air bersih, maka dalam melakukan studi perlu diketahui jumlah proyeksi penduduk supaya debit yang dibutuhkan diketahui, mencari besaran diameter pipa yang akan digunakan, serta melakukan analisis menggunakan *Watercad V8i*.

METODE



Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan

Pengumpulan Data

Pemodelan ini menggunakan data primer. Data primer yang digunakan adalah data sisa debit SPAM Sekaran, kapasitas pompa existing, data penduduk dari BPS tahun 2017 s/d 2020, serta data topografi yang diambil dari pengolahan elevasi dari garis kontur yang dibuat dari peta DEMNAS melalui program *Globalmapper*.

Analisis Data

Data data yang di analisis adalah proyeksi pelanggan, yang di analisis dari jumlah pertumbuhan penduduk selama 10 tahun dari 2019 sampai dengan 2029, dalam penentuan 3(tiga) metode, yaitu metode Aritmatik, metode Geometri dan metode *Least Square*. Dari ketiga metode tersebut yang digunakan adalah metode yang nilai

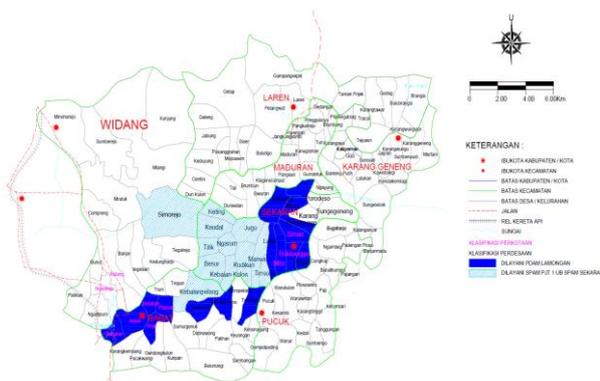
<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n1.p48-58>

korelasinya mendekati 1. Setelah jumlah penduduk diketahui maka dapat dihitung besaran debit yang dibutuhkan dalam 10 tahun yang akan datang. Setelah Proyeksi jumlah pelanggan dan debit yang dibutuhkan maka perlu dihitung diameter pipa yang dibutuhkan dalam penyaluran air bersih ke pelanggan. Dari data-data yang di sebut diatas maka dapat kita analisis menggunakan permodelan aplikasi Watercad V8i, menggambar jalur pipa distribusi utama, dengan input diametr pipa, jenis pipa, nilai kekasaran pipa menurut Hazen william's, Serta menentukan Node-node pada *watercad*, dengan menginput, elevasi, dan debit demand, lalu dapat di analisis menggunakan *watercad* .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Wilayah penelitian dalam tugas akhir ini adalah wilayah Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan, yang mana wilayah tersebut belum mendapatkan layanan air minum baik dari PJT 1.

Kecamatan Maduran yang terletak pada koordinat 7°00'16" bujur timurdan 112°16'15" lintang selatan dengan total luasan wilayah 30,35 km² dengan rata-rata ketinggian 9,29 meter diatas permukaan laut (mdpl), yang terdiri dari 17 desa dapat dilihat pada Gambar 1



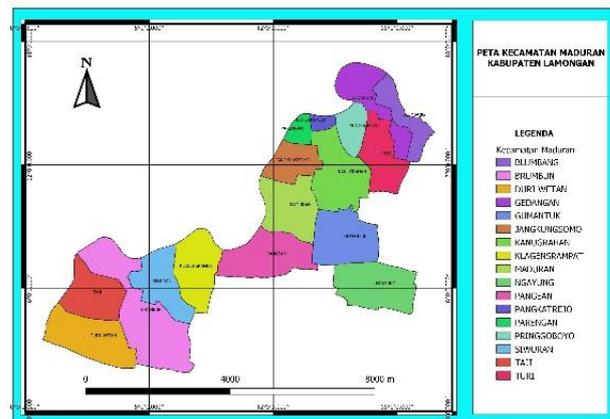
Gambar 2. Peta Lokasi penelitian.
Sumber : Hasil pengolahan Data dengamm Quantum GIS

Berdasarkan Laporan jumlah pelanggan/sambungan rumah (SR) Unit Produksi SPAM Sekaran PJT 1, sampai dengan akhir bulan Maret 2019 jumlah pelanggan SPAM Sekaran adalah 3.523 SR, yang terletak di 12 desa 3 Kecamatan. Perkembangan jumlah pelanggan tiap tahunnya berdasarkan pencataan Perusahaan Umum Jasa Tita 1 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perkembangan Sambungan Rumah SPAM Sekaran sampai tahun 2019

No	Wilayah Pelayanan	Tahun				
Wilayah I		2015	2016	2017	2018	2019
1	Desa Keting	129	133	135	135	135
2	Desa Kendel	338	339	340	340	340
3	Desa Titik	148	148	147	147	147
4	Desa Ngarum	188	191	194	194	194
Jumlah		803	811	818	816	816
Wilayah II						
1	Desa Besur	226	228	232	232	232
2	Desa Kebalan Kulon	343	354	355	355	355
3	Desa Kudikan	345	354	367	367	367
Jumlah		914	936	954	954	954
Wilayah III						
1	Desa Jugo	310	323	332	331	331
2	Desa manyar	621	628	634	633	633
3	Desa Kebal	310	312	313	312	312
Jumlah		1241	1263	1279	1277	1276
Wilayah IV						
1	Troso	0	296	296	296	296
2	Simorejo				180	
Jumlah					476	
Total		2958	3306	3347	3523	3522

Sumber : Perum Jasa Tirta 1 “Laporan jumlah SR (2019)”



Gambar 3. Area Layanan SPAM Sekaran (2019)

Area yang menjadi tinjauan penelitian berada pada Kecamatan Maduran. Beberapa permasalahan yang terjadi kurangnya suplai air bersih yang layak konsumsi, sering terjadi kekeringan pada waktu musim kemarau.

Berdasarkan dari observasi lapang diketahui bahwa di Kecamatan Sekaran yang bersebelahan dengan Kecamatan Maduran, kebutuhan air bersih yang layak di konsumsi sudah terpenuhi, maka dari itu perlu adanya pengembangan layanan SPAM

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n1.p48-58>

Sekarang kearah Kecamatan Maduran. Dalam pelaksanaan perencanaan perlu dikaji terlebih dahulu kebutuhan debit air bersih 10 tahun yang akan datang, pada Kecamatan Maduran dengan cara menghitung pertumbuhan penduduk di kecamatan tersebut.

Dimana jumlah desa di Kecamatan Maduran terdiri dari 17 desa dengan jumlah penduduk 39,912 jiwa terdiri dari 14,269 KK, dengan rata-rata 3 orang dalam 1 KK, serta jumlah kepadatan di Kecamatan Maduran 479, dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Penduduk Tahun 2019

No	Desa	Luas (Km2)	Penduduk (Jiwa)	Rumah Tangga	Rata-Rata Per Rumah Tangga
1	Durwetan	2,47	2842	1151	3
2	Taji	1,83	2288	1250	3
3	Brumbun	3,93	2177	554	3
4	Siwuran	1,69	1482	877	3
5	Klagersram	1,71	1880	1099	3
6	Pangean	2,31	3218	1393	3
7	Gumantuk	2,55	2242	879	3
8	Ngayung	2,74	1159	423	3
9	Maduran	2,00	2641	1321	3
10	Jangkung	0,58	1055	1819	3
11	Parengan	0,84	3941	4692	3
12	Pangkatrejo	0,15	2658	17720	3
13	Pringoboyo	0,89	2740	3079	3
14	Kanugrahan	2,56	3060	1195	3
15	Turi	1,88	2002	1065	3
16	Gedangan	1,22	3020	2475	3
17	Blumbangan	1,00	1507	1507	3
Jumlah		93,10	39,912	14,269	479

Sumber: BPS Kematan Maduran dalam angka 2020

Laju Pertumbuhan Penduduk

Tabel 3. Pertumbuhan penduduk 2016-2019

No	Desa	Klasifikasi Wilayah	Penduduk (Jiwa) 2015	Penduduk (Jiwa) 2019
1	Durwetan	Perdesaan	2818	2842
2	Taji	Perdesaan	2250	2288
3	Brumbun	Perdesaan	2153	2177
4	Siwuran	Perdesaan	1472	1482
5	Klagersram	Perdesaan	1838	1880
6	Pangean	Perdesaan	3105	3218
7	Gumantuk	Perdesaan	2614	2242
8	Ngayung	Perdesaan	2752	1159
9	Maduran	Perdesaan	2234	2641
10	Jangkung	Perdesaan	1123	1055
11	Parengan	Perdesaan	2611	3941
12	Pangkatrejo	Perdesaan	994	2658
13	Pringoboyo	Perdesaan	2959	2740
14	Kanugrahan	Perdesaan	3906	3060
15	Turi	Perdesaan	3039	2002
16	Gedangan	Perdesaan	1983	3020
17	Blumbangan	Perdesaan	1489	1507
Jumlah			39,340	39,912

Untuk mendapatkan proyeksi penduduk yang akurat, dilakukan perhitungan laju pertumbuhan penduduk dengan menggunakan salah satu 3 metode. Yaitu adalah metode aritmatik, metode geometrik, metode last square. Dalam menentukan metode mana yang dipakai perlu di ketahui jumlah penduduk dari tahun 2016 – 2019, data tersebut dapat dilihat pada tabel 3.

Sumber: BPS Kematan Maduran dalam angka 2017-2020

Penentuan metode yang dipakai perlu dicari nilai korelasinya (r) untuk tiap-tiap metode, dimana nilai korelasi yang mendekati 1 maka metode tersebutlah yang akan dipakai untuk menghitung rata-rata pertumbuhan penduduk 10 tahun yang akan datang (2029), rumus perhitungan dapat dilihata pada persamaan [1] yang dipakai adalah sebagai berikut

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum Y)(\sum X)}{\sqrt{[n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2][n(\sum X^2) - (\sum X)^2]}} \dots\dots\dots[1]$$

Dalam penyelesaiannya dengan metode aritmatik dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan proyeksi penduduk Kecamatan Maduran dengan metode Aritmatik

No	Tahun	Jumlah	X	Y	XY	X ²	Y ²
1	2016	35527	-	-	-	-	-
2	2017	37279	1	1752	1752	1	3069
3	2018	37554	2	275	550	4	75
4	2019	39912	3	2358	7074	9	5560
Jumlah		150272	6	4385	9376	14	8705

$$r = \frac{4(9,376) - (6)(4,385)}{\sqrt{[4(8,705,293) - (4,385)^2][4(14) - (6)^2]}}$$

$$r = 0.364$$

Dalam penyelesaiannya dengan metode geometrik dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5. Perhitungan proyeksi penduduk Kecamatan Maduran dengan metode Geometrik

No	Tahun	Jumlah	X	Y	XY	X ²	Y ²
1	2016	35527	1	10,478	10,478	1	109,79
2	2017	37279	2	10,526	21,052	4	110,80
3	2018	37554	3	10,534	31,601	9	110,96
4	2019	39912	4	10,594	42,378	16	112,24
Jumlah		150272	10	42,13	105,509	30	443,79

$$r = \frac{4(105.509) - (10)(42.13)}{\sqrt{[4(443.79) - (42.13)^2][4(30) - (10)^2]}}$$

$$r = 0.964$$

Dalam penyelesaiannya dengan metode last square dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan proyeksi penduduk Kecamatan Maduran dengan metode Last Square

No	Tahun	Y	X	XY	X ²	Y ²
1	2016	35527	1	35527	1	1262167729
2	2017	37279	2	74558	4	1389723841
3	2018	37554	3	112662	9	1410302916
4	2019	39912	4	159648	16	1592967744
Jumlah		150272	10	382,395	30	5655162230

$$r = \frac{4(382,395) - (10)(150,272)}{\sqrt{[4(5,655,162,230) - (150,272)^2][4(30) - (10)^2]}}$$

$$r = 0.962$$

Maka hasil nilai korelasi yang mendekati nilai 1 adalah dengan metode geometrik, sedangkan untuk menghitung nilai rata-rata (r) prosentase pertumbuhan penduduk dengan metode geometrik, maka digunakan persamaan [2] sebagai berikut :

$$r = \left[\frac{Pn}{P0} \right]^{\frac{1}{n}} - 1 \dots\dots\dots [2]$$

Hasil perhitungan menggunakan persamaan di atas dapat dilihat di tabel 7

Tabel 7. Rata-rata pertumbuhan Penduduk

No	Tahun	Jumlah Penduduk	Rata-rata Pertumbuhan Penduduk
1	2016	35,527	
2	2017	37,279	0,0493
3	2018	37,554	0,0074
4	2019	39,912	0,0628
Rata-rata		37,568	0,0398

Perhitungan Pertumbuhan Penduduk

Pertumbuhan penduduk pada 10 tahun yang akan datang di gunakan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan air yang akan didistribusikan. Maka hasil perhitungan pertumbuhan penduduk 10 tahun yang akan datang dengan dasar data penduduk di tahun 2019, akan di ketahui jumlah penduduk pada tahun 2029 menggunakan metode Geometrik, dapat dilihat pada tabel 8, dan digunakan persamaan [3] sebagai berikut:

$$Pn = P0 + (1 + r)^n \dots\dots\dots [3]$$

Tabel 8. Perhitungan pertumbuhan penduduk

No	Desa	Klasifikasi Wilayah	Penduduk (Jiwa) 2019	Tahun 2029
1	Durwetan	Perdesaan	2842	2843
2	Taji	Perdesaan	2288	2289
3	Brumbun	Perdesaan	2177	2178
4	Siwuran	Perdesaan	1482	1483
5	Klagensram	Perdesaan	1880	1881
6	Pangean	Perdesaan	3218	3219
7	Gumantuk	Perdesaan	2242	2243
8	Ngayung	Perdesaan	1159	1160
9	Maduran	Perdesaan	2641	2642
10	Jangkung	Perdesaan	1055	1056
11	Parengan	Perdesaan	3941	3942
12	Pangkatrejo	Perdesaan	2658	2659
13	Pringgoboyo	Perdesaan	2740	2741
14	Kanugrahan	Perdesaan	3060	3061
15	Turi	Perdesaan	2002	2003
16	Gedangan	Perdesaan	3020	3021
17	Blumbangan	Perdesaan	1507	1508
Jumlah			39,912	14,937

Merencanakan kebutuhan debit air

Dalam sistem penyediaan air minum hal yang sangat menentukan adalah dengan menghitung kebutuhan debit di masing-masing desa, dengan dasar jumlah demand.

Dalam perhitungan kebutuhan air di Kecamatan Maduran 10 tahun yang kedepan perlu diketahui kebutuhan penggunaan air dalam liter/orang/hari, dan juga penentuan besaran debit pada jam puncak, serta diperlukannya *sefety factor* tingkat kebocoran saat *maintenance* sebesar 20%. dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Kriteria Perencanaan Air Bersih

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
		> 1 Juta	500 ribu s/d 1 juta	100 ribu s/d 500 ribu	20 ribu s/d 100 ribu	< 20 ribu
		Kota Metro politan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
1	Konsumsi Unit Sambungan rumah SR (liter/ org/ hr)	>150	150-120	90-120	80-120	60-80
2	Konsumsi Unit Hidran (liter/ org/ hr)	20-40	20-40	20-40	20-40	20-40
3	Konsumsi Unit Non Domestik					
	a. Niaga Kecil (liter/ org/ hr)	600-900	600-900		600-900	
	b. Niaga Besar (liter/ org/ hr)	1000-5000	1000-5000		1000-5000	
	c. Industri besar (liter/ org/ hr)	0,2-0,8	0,2-0,8		0,2-0,8	
d. pariwisata (liter/ org/ hr)	0,1-0,3	0,1-0,3		0,1-0,3		
4	Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5	Faktor Hari Maksimum	1,15-1,25	1,15-1,25	1,15-1,25	1,15-1,25	1,15-1,25
6	Faktor Jam Puncak	1,75-20	1,75-20	1,75-20	1,75-20	1,75-20
7	Jumlah Jiwa per SR	5	5	5	5	5
8	Jumlah Jiwa per HU	100	100	100	100	100
9	Sisa Tekan di Penyediaan (meter)	10	10	10	10	10
10	Jam Operasi	24	24	24	24	24
11	Volume (% Max Day Demand)	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
12	SR : HU	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80:20	80:20	80:20
13	Cakupan Pelayanan	90	90	90	90	90

Sumber: Kreteria perencanaan Ditjen Cipta Karya PU, 1996

Tabel 10. Nilai faktor jam puncak pada setiap jenis pipa

Faktor	Pipa Distribusi Utama	Pipa Distribusi Pembawa	Pipa Distribusi Pembagi
Jam Puncak	1,15-1,7	2	3

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomer 18 tahun 2007

Adapun contoh perhitungan debit air yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- Jumlah penduduk Desa Duri Wetan = 2.843 Jiwa
- Q (Debit) kebutuhan air Pedesaan = 80 lt/org/hr = 0,0009259 lt/org/dt
- Jam puncak = 1,25 lt/org/dt (dapat dilihat pada tabel 10)
- Factor kebocoran 20%

$$(((2.843 \times 0,0009259) \times 1,25) \times 1,2]$$

$$= 3,95 \text{ lt/dt}$$

Dan hasil perhitungan debit air pada 17 desa di Kecamatan Maduran pada tahun 2029 dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Perhitungan debit air pada Tahun 2029

No	Nama Desa	Jumlah Pddk Th 2019	Debit L/org/dt	Faktor Jam Puncak	Kebocoran %	Total Kebutuhan
1	Durwetan	2843	2,03	3,29	20%	3,95
2	Taji	2289	2,12	2,65	20%	3,18
3	Brumbun	2178	2,02	2,52	20%	3,03
4	Siwuran	1483	1,37	1,72	20%	2,06
5	Klagensram	1881	1,74	2,18	20%	2,61
6	Pangean	3219	2,98	3,73	20%	4,47
7	Gumantuk	2243	2,08	2,60	20%	3,12
8	Ngayung	1160	1,07	1,34	20%	1,61
9	Maduran	2642	2,45	3,06	20%	3,67
10	Jangkung	1056	0,98	1,22	20%	1,47
11	Parengan	3942	3,65	4,56	20%	5,48
12	Pangkatrejo	2659	2,46	3,08	20%	3,69
13	Pringgoboyo	2741	2,54	3,17	20%	3,81
14	Kanugrahan	3061	2,83	3,54	20%	4,25
15	Turi	2003	1,86	2,32	20%	2,78
16	Gedangan	3021	2,80	3,50	20%	4,20
17	Blumbangan	1508	1,40	1,75	20%	2,10
Total Debit						55,47

Merencanakan Kebutuhan Debit Air

Debit air di Kecamatan Maduran yang dibutuhkan pada 10 tahun kedepan adalah 55,47 lt/dt, sedangkan dari ketersediaan sisa debit pada IPAM Sekaran sebesar 14,82 lt/dt. Jika besaran debit di sesuaikan dari sisa debit yang ada, maka cakupan layanan dibatasi menjadi 4 Desa saja,

- Desa Duriwetan = 3,95 l/dt
- Desa Taji = 3,18 l/dt
- Desa Brumbun = 3,03 l/dt
- Desa Siwuran = 2,06 l/dt

$$+ 12,22 \text{ l/dt}$$

dengan melayani 4 desa dengan sisa debit 12,22 l/dt, maka sudah bisa dikatakan cukup

Penentuan Diameter Pipa 10 Tahun Kedepan

Kesesuaian diameter rencana untuk mengalirkan debit minimum (Qmin) dengan kontrol kecepatan, tentunya untuk mendapatkan dimensi pipa yang tepat, efisien dan ekonomis sesuai dengan kriteria perencanaan yang digunakan atau dipakai. Penggunaan nilai kecepatan (V) aliran dalam pipa 0,5 m/dt – 4,5 m/dt (sesuai dengan referensi Tabel 12).

Tabel 12. Kriteria Pipa Transmisi dan Distribusi Menurut Kep Men PU no.18 Tahun 2007

No	Uraian	Kriteria Pipa Transmisi	Kriteria Pipa Distribusi
1	Debit Perencanaan (Qmax)	F max Q rerata	F max X Q rerata
2	Faktor harian Maksimum (Fmax)	1,10-1,50	1,15-3
3	Jenis Saluran	Pipa atau saluran terbuka	-
4	Kecepatan Aliran dalam Pipa	0,3-0,6 m/s	0,3-0,6 m/s
	a. Kecepatan minimum (Vmin)	0,5-4,5 m/s	0,5-4,5 m/s
	b. Kecepatan Maksimum (Vmax) PVC DCIP	6,0 m/s	6,0 m/s
5	Tekanan Air dalam Pipa		0,5 – 1,0 atm, pada titik jangkauan terjauh
	a. Tekanan minimum (Hmin)	1 atm	
	b. Tekanan maksimum (Hmaks)		
6	Pipa PVC, Pipa DCIP Pipa PE 100 Pipa PE 80	6-8 atm 10 atm 12,4 atm 9 atm	6-8 atm 11 atm 12,4 atm 9,0 atm
7	Kecepatan Saluran Terbuka		
	a) Kecepatan Minimum (Vmin)	0,6 m/s	
	b) Kecepatan Maksimum (Vmaks)	1,5 m/s	
8	Kemiringan Saluran Terbuka	0,005-0,001	-
9	Tinggi Bebas Saluran Terbuka	15 cm (minimum)	-
10	Kemiringan Tebing Terhadap Dasar Saluran	45 Derajat untuk trapesium	-

Sumber : Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan, 1990

Dalam menentukan diameter pipa diperlukan data kecepatan aliran pipa dalam pipa, serta debit total yang dibutuhkan pelanggan, untuk kecepatan aliran dapat dilihat pada tabel 12, serta perhitngan diameter pipa digunakan persamaan [4] sebagai berikut :

$$A = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots [4]$$

sedangkan untuk mencari diameter (D) dari luas alas (A) menggunakan persamaan [5] sebagai berikut :

$$A = 0,785D^2 \dots\dots\dots [5]$$

Perhitungan diameter pipa dihitung dengan nilai variabel kecepatan aliran dari 4,5 – 0,5 m/s sesuai pada tabel 12, maka diameter pipa yang dihasilkan pun bervariasi seperti pada tabel 13.

Tabel 13. Perhitungan diameter pipa

L/dt	Q		V		A		Diameter		Diameter PVC di Pasaran	
	m2/dt	m/dt	m/dt	m2	m	mm	mm	Inc		
12,22	0,012	4,50	0,003	0,059	58,80	50	2			
12,22	0,012	4,00	0,003	0,062	62,37	50	2			
12,22	0,012	3,50	0,003	0,067	66,68	50	3			
12,22	0,012	3,00	0,004	0,072	72,02	75	3			
12,22	0,012	2,50	0,005	0,079	78,89	75	3			
12,22	0,012	2,00	0,006	0,088	88,21	100	4			
12,22	0,012	1,50	0,008	0,102	101,85	100	4			
12,22	0,012	1,00	0,012	0,125	124,74	150	6			
12,22	0,012	0,50	0,024	0,176	176,41	150	6			

Maka rencana diameter pipa yang akan digunakan di coba-coba pada variabel diameter pipa yang ada pada Tabel 13 di atas, dengan jenis pipa PVC (PolyVinyl Chloride), supaya hasil analisis watercad dapat di simpulkan diameter brapa yang paling ideal.

Analisa dengan menggunakan program Watercad V8i

Dalam melakukan analisis menggunakan watercad yang pertama dilakukan adalah dengan membuat background pada lembar kerja watercad, dengan memasukan peta jalan pedesaan utuk sebagai tuntunan rencana jalur pipa distribusi utama.yang berskala supaya panjang pipa sesuai dengan lokasi secara real. Data-data peta yang bersekala dapat di gunakan menggunakan data jalan, kontur dan bangunan dengan format shp (*Shape File*) yang di unduh dari <https://extract.bbbike.org/>. setelah mendapatkan file shp maka perlu di olah menggunakan program GLOBAL MAPPER supaya file dapat di export ke format file DXF, sehingga input background ke

watercad dari file DXF sesuai dengan koordinat dan skalanya.

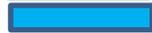
Setelah memasukan semua background yang dibutuhkan maka kita dapat memulai dengan menentukan jalur pipa dan *node (junction)*, lalu input data-data seperti debit air untuk 4 desa, diameter pipa, jenis pipa untuk tingkat kekasaran (*Hazenwilliam's*) yang dapat dilihat pada tabel 14, dan elevasi sesuai dengan garis kontur yang didapat.

Analisis menggunakan watercad adalah untuk mengetahui nilai headloss pada pipa dan pressure pada titik node (*junction*) di masing-masing desa sesuai input diameter pipa. Dalam analisis pengujian ini digunakan 4 diameter pipa berjenis PVC, serta dilakukan 5 kali analisis sebagai berikut.

1. Analisa uji coba ke 1 adalah menggunakan diameter pipa 50 mm.
2. Analisa uji coba ke 2 adalah menggunakan diameter pipa 75 mm.
3. Analisa uji coba ke 3 adalah menggunakan diameter pipa 100 mm.
4. Analisa uji coba ke 4 adalah menggunakan diameter pipa 150 mm.
5. Analisa uji coba ke 5 adalah menggunakan gabungann dari 2 diameter pipa 150 mm dan 100 mm

Hasil Analisa menggunakan program Watercad V8i

Parameter *headloss* < 5 adalah kehilangan energi pada aliran air didalam pipa sangat kecil, untuk *headloss* 5m sampai dengan 10m adalah kehilangan energi pada aliran air dalam pipa sedang, sedangkan *headloss* > 10m kehilangan energi pada aliran air dalam pipa sangat tinggi. Parameter *headloss* dapat di klasifikasi sesuai warna sebagai berikut:

-  = Nilai Headloos < 5m
-  = Nilai Headloos diantara 5m– 0 m
-  = Nilai Headloos > 10m

Parameter pressure > 50m adalah tekanan air pada node (*junction*) sangat tinggi, untuk pressure 10m sampai dengan 50m dikatagorikan tekanan pada node (*junction*) pada kondisi sedang, dan pressure < 10m adalah tekanan air pada node (*junction*) sangat rendah. Parameter pressure dapat di klasifikasikan sebagai berikut:

-  = Nilai Pressure > 50m
-  = Nilai Pressure diantara 10m –
-  = Nilai Pressure < 10 m

Hasil dari analisa uji coba yang pertama, Headloss dan pressure adalah untuk pipa diameter 50mm dapat dilihat pada tabel 14 sebagai berikut :

Tabel 14. Analisa uji coba Headloss dan pressure untuk pipa diameter 50mm

No	Label	Node	Elevation (m)	Headloss (m)	Pressure (m H20)
1	Duriwetan	STA 0+503	9	107,72	-59
2	Duriwetan	STA 0+697	9	35,61	-94
3	Duriwetan	STA 0+890	7,5	29,87	-123
4	Duriwetan	STA 0+987	8,5	12,39	-136
5	Taji	STA 1+297	10	31,64	-169
6	Taji	STA 1+509	7	19,44	-185
7	Taji	STA 1+682	9	13,2	-201
8	Taji	STA 2+180	8	31,81	-231
9	Taji	STA 2+510	8	17,36	-249
10	Brumbun	STA 3+372	6,5	36,42	-284
11	Brumbun	STA 3+502	10	4,91	-292
12	Brumbun	STA 3+695	8	6,22	-296
13	Brumbun	STA 3+953	8	7,23	-303
14	Brumbun	STA 4+156	14	4,86	-314
15	Brumbun	STA 4+295	10	2,78	-313
16	Brumbun	STA 4+391	9	1,01	-313
17	Brumbun	STA 5+329	4	1,03	-308
18	Brumbun	STA 5+711	6	0,11	-310
19	Siwuran	STA 5+054	7	4,93	-316
20	Siwuran	STA 5+212	7	0,74	-317
21	Siwuran	STA 5+384	7	0,38	-317
22	Siwuran	STA 5+449	6,5	0,04	-317

Hasil dari analisa uji coba yang ke dua, Headloss dan pressure adalah untuk pipa diameter 75 mm dapat dilihat pada tabel 15 sebagai berikut :

Tabel 15. Analisa uji coba Headloss dan pressure untuk pipa diameter 75mm

No	Label	Node	Elevation (m)	Headloss (m)	Pressure (m H2O)
1	Duriwetan	STA 0+503	9	18,96	30
2	Duriwetan	STA 0+697	9	6,27	24
3	Duriwetan	STA 0+890	7,5	5,26	20
4	Duriwetan	STA 0+987	8,5	2,18	17
5	Taji	STA 1+297	10	5,57	10
6	Taji	STA 1+509	7	3,42	9
7	Taji	STA 1+682	9	2,32	5
8	Taji	STA 2+180	8	5,6	0
9	Taji	STA 2+510	8	3,06	-3
10	Brumbun	STA 3+372	6,5	6,41	-8
11	Brumbun	STA 3+502	10	0,86	-12
12	Brumbun	STA 3+695	8	1,09	-11
13	Brumbun	STA 3+953	8	1,27	-12
14	Brumbun	STA 4+156	14	0,86	-19
15	Brumbun	STA 4+295	10	0,49	-16
16	Brumbun	STA 4+391	9	0,18	-15
17	Brumbun	STA 5+329	4	0,18	-10
18	Brumbun	STA 5+711	6	0,02	-12
19	Siwuran	STA 5+054	7	0,87	-14
20	Siwuran	STA 5+212	7	0,13	-14
21	Siwuran	STA 5+384	7	0,07	-14
22	Siwuran	STA 5+449	6,5	0,01	-14

Hasil dari analisa uji coba yang ke tiga, *Headloss* dan *pressure* adalah untuk pipa diameter 100mm dapat dilihat pada tabel 16 sebagai berikut

Tabel 16. Analisa uji coba *Headloss* dan *pressure* untuk pipa diameter 100mm

No	Label	Node	Elevation (m)	Headloss (m)	Pressure (m H2O)
1	Duriwetan	STA 0+503	9	18,96	30
2	Duriwetan	STA 0+697	9	6,27	24
3	Duriwetan	STA 0+890	7,5	5,26	20
4	Duriwetan	STA 0+987	8,5	2,18	17
5	Taji	STA 1+297	10	5,57	10
6	Taji	STA 1+509	7	3,42	9
7	Taji	STA 1+682	9	2,32	5
8	Taji	STA 2+180	8	5,6	0
9	Taji	STA 2+510	8	3,06	-3
10	Brumbun	STA 3+372	6,5	6,41	-8
11	Brumbun	STA 3+502	10	0,86	-12
12	Brumbun	STA 3+695	8	1,09	-11
13	Brumbun	STA 3+953	8	1,27	-12
14	Brumbun	STA 4+156	14	0,86	-19
15	Brumbun	STA 4+295	10	0,49	-16
16	Brumbun	STA 4+391	9	0,18	-15
17	Brumbun	STA 5+329	4	0,18	-10
18	Brumbun	STA 5+711	6	0,02	-12
19	Siwuran	STA 5+054	7	0,87	-14
20	Siwuran	STA 5+212	7	0,13	-14
21	Siwuran	STA 5+384	7	0,07	-14
22	Siwuran	STA 5+449	6,5	0,01	-14

Hasil dari analisa uji coba yang ke empat, *Headloss* dan *pressure* adalah untuk pipa diameter 150mm dapat dilihat pada tabel 17 sebagai berikut

Tabel 17. Analisa uji coba Headloss dan pressure untuk pipa diameter 150mm

No	Label	Node	Elevation (m)	Headloss (m)	Pressure (m H2O)
1	Duriwetan	STA 0+503	9	1,57	56
2	Duriwetan	STA 0+697	9	0,52	56
3	Duriwetan	STA 0+890	7,5	0,44	57
4	Duriwetan	STA 0+987	8,5	0,18	55
5	Taji	STA 1+297	10	0,46	54
6	Taji	STA 1+509	7	0,28	56
7	Taji	STA 1+682	9	0,19	54
8	Taji	STA 2+180	8	0,46	55
9	Taji	STA 2+510	8	0,25	54
10	Brumbun	STA 3+372	6,5	0,53	55
11	Brumbun	STA 3+502	10	0,07	52
12	Brumbun	STA 3+695	8	0,09	54
13	Brumbun	STA 3+953	8	0,11	54
14	Brumbun	STA 4+156	14	0,07	47
15	Brumbun	STA 4+295	10	0,04	51
16	Brumbun	STA 4+391	9	0,01	52
17	Brumbun	STA 5+329	4	0,02	57
18	Brumbun	STA 5+711	6	0	55
19	Siwuran	STA 5+054	7	0,08	54
20	Siwuran	STA 5+212	7	0,01	54
21	Siwuran	STA 5+384	7	0,01	54
22	Siwuran	STA 5+449	6,5	0	55

Hasil dari analisa uji coba yang ke lima, *Headloss* dan *pressure* adalah untuk pipa diameter 100mm dan 150mm dapat dilihat pada tabel 18 sebagai berikut :

Tabel 18. Analisa uji coba *Headloss* dan *pressure* untuk pipa diameter 150mm

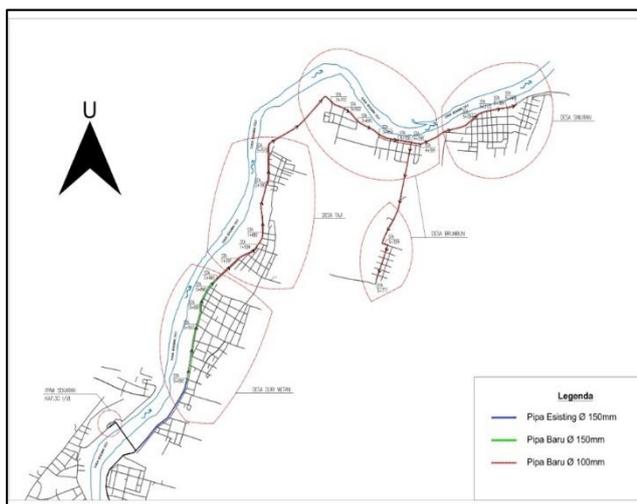
No	Label	Node	Elevation (m)	Headloss (m)	Pressure (m H2O)
1	Duriwetan	STA 0+503	9	1,57	56
2	Duriwetan	STA 0+697	9	0,52	56
3	Duriwetan	STA 0+890	7,5	0,44	57
4	Duriwetan	STA 0+987	8,5	0,18	55
5	Taji	STA 1+297	10	3,33	51
6	Taji	STA 1+509	7	2,05	52
7	Taji	STA 1+682	9	1,39	48
8	Taji	STA 2+180	8	3,35	46
9	Taji	STA 2+510	8	1,83	44
10	Brumbun	STA 3+372	6,5	3,84	42
11	Brumbun	STA 3+502	10	0,52	38
12	Brumbun	STA 3+695	8	0,66	39
13	Brumbun	STA 3+953	8	0,76	38
14	Brumbun	STA 4+156	14	0,51	32
15	Brumbun	STA 4+295	10	0,29	35
16	Brumbun	STA 4+391	9	0,11	36
17	Brumbun	STA 5+329	4	0,11	41
18	Brumbun	STA 5+711	6	0,01	39
19	Siwuran	STA 5+054	7	0,55	38
20	Siwuran	STA 5+212	7	0,08	38
21	Siwuran	STA 5+384	7	0,04	38
22	Siwuran	STA 5+449	6,5	0	38

Hasil uji coba analisa diatas yang paling ideal adalah hasil uji coba yang ke lima, karena dengan menggunakan jika menggunakan hasil uji <https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n1.p48-58>

coba ke lima secara *Headloss* dan *pressure* sudah sangat memenuhi serta ideal untuk dapat di distribusikan ke masyarakat.

Perencanaan Sistem Distribusi Air Bersih

Maka dengan ini perencanaan sistem distribusi air bersih di Kecamatan Maduran idealnya menggunakan pipa PVC dengan diameter 100mm untuk di Desa Duriwetan dan pipa di perbesar menjadi 150mm dari Desa Taji, Desa Brumbun, serta Desa Siwuran, dengan model sistem jaringan bercabang, dengan konsep sistem pompa *Intermittent System*. Pola sistem distribusi dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Pola Sistem Distribusi Hasil Perencanaan

KESIMPULAN

Kesimpulan

Setelah dilakukan perhitungan Jumlah penduduk Kecamatan Maduran dalam kurun waktu sepuluh tahun atau pada 2029 yang akan datang, adalah 39.937 jiwa dari 17 desa, dimana rata-rata jumlah pertumbuhan penduduknya 3,98% per tahunnya.

Dikarenakan jumlah penduduk di Kecamatan Maduran pada tahun 2029 sebesar 39.937 jiwa maka total debit air yang dibutuhkan adalah 55,47 l/dt, sedangkan debit yang tersedia hanya 14,82 l/dt. Dimana debit yang tersedia tidak memenuhi kebutuhan total maka hanya 4 desa di Kecamatan Maduran saja yang dapat dilayani, besaran total

debit untuk 4 desa adalah 12,22 l/dt. Yang dapat diartikan debit IPAM Sekaran mencukupi untuk di distribusikan ke 4 desa.

Sebelum menganalisa menggunakan permodelan *WaterCAD*. terlebih dahulu menghitung ukuran diameter pipa yang akan digunakan dalam permodelan tersebut, dan di dapatkan beberapa ukuran diameter pipa. Dalam analisa menggunakan permodelan tersebut dan di uji menggunakan beberapa ukuran diameter pipa, maka yang paling ideal dalam perencanaan sistem distribusi air bersih di Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan adalah menggunakan pipa dengan diameter 150mm dan 100mm, dimana hasil *Headloss* pada pipa sangat kecil yaitu $< 5m$, sedangkan *Pressure* pada titik terjauh pun masih diantara 10m sampai dengan 50m. Dan sistem distribusi yang dapat digunakan di Kecamatan Maduran adalah dengan konsep *Intermittent System*

Saran

Sehubungan dengan layanan baru di Kecamatan Maduran hanya mengakomodasi 4 desa saja, sedangkan total desa di Kecamatan terdapat total 17 desa dan total kebutuhan debit di tahun 2029 mencapai 55,47 l/dt, diameter pipa 10 inch atau 250mm, dengan jenis pipa PVC.

Dalam mencapai peninggkatan layanan untuk keseluruhan desa di Kecamatan Maduran juga harus ditinjau kembali kapasitas IPAM, karena kapasitas IPAM pada saat ini hanya tersedia 30 l/dt, sedangkan yang dibutuhkan 55,47 l/dt, sehingga selisih kekurangan debit pada IPAM adalah 25,47 l/dt. Maka kapasitas IPAM perlu ditambahkan dan juga menambah pompa distribusi atau mengganti dengan kapasitas yang lebih besar.

REFERENSI

- Badan Pusat Statistik, 2010. "Pedoman Perhitungan Proyeksi Penduduk Dan Angkatan Kerja". Jakarta, *Badan Pusat Statistik*
- Badan Pusat Statistik, 2019. "Kecamatan Maduran Dalam Angka". *Kabupaten Lamongan, Badan Pusat Statistik Kabupaten Lamongan*
- Damanhuri, Enri, 1989. "Pendekatan Sistem dalam Pengendalian Dan Pengeroperasian Sitem Jaringan Distribusi Air Minum:.". *Bandung, Tehnik Lingkungan ITB.*

- I Putu Gustave, I G.N Kerta Arsana, 2014. "Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Penyediaan Air Minum Pedesaan Di Desa Kubu Kecamatan Kubu". *Denpasar, Teknik Sipil Universitas Udayana*
- M. Ibrahim, Aniek Masrevaniah, 2017. "Analisa Hidrolis Pada Komponen Sistem Distribusi Air Bersih Dengan Water Dan Watercad Versi 8 (Studi Kasus Kampung Digiowa, Kampung Mawa Dan Kampung Ikebo, Distrik Kamu, Kabupaten Dogiyai)". *Kota Malang, Teknik Pengairan Universitas Brawijaya*
- Novriyan Nasombe, Fuad Halim, 2015. "Perencanaan Sistem Pelayanan Air Bersih Di Kelurahan Bonkawir Kabupaten Raja Ampat Provinsi Papua Barat.". *Kota Manado: Teknik Sipil Universitas Samratulangi Manado*
- Perum Jasa Tirta 1 2019. "Master Plan Bisnis Sistim Penyediaan Air Minum Divisi Air Bersih Dan Pengembangan". *Kota Malang, PJT 1*
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum RI No 18/PRT/M/2007 tentang "Penyelenggaraan pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum". Jakarta
- Sepmita Sugiarta, 2017. "Studi Evaluasi Dan Perencanaan Pengembangan Jaringan Distribusi Air Bersih Di Cabang Sepanjang Kabupaten Sidoarjo (Studi Kasus: Cabang Sepanjang Kabupaten Sidoarjo)". *Kabupaten Malang Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang*
- SNI 7509-2011: "Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi Dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum". Jakarta
- Todar, E.Y.T. and Kamiana, I.M., 2021. Perubahan Parameter Hidrolis Pada Drainase Primer Dengan Dinding Alami Akibat Sampah Padat. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 3(2), pp.71-76.