SISTEM DISTRIBUSI AIR MINUM UNIT NGULING PDAM GIRI NAWA TIRTA PASURUAN

Moch Asyrofi Maula[1] dan Taty Alfiah[2]
[1,2]Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Sipil dan Perencanaan, ITATS
e-mail: masyrofim13@gmail.com

ABSTRACT

The plan to add a water pipe network system in Nguling District by PDAM Nguling Unit is due to the increasing population demand for clean water in the Nguling area. PDAM Nguling Unit as a pioneer and provider of clean water in the nguling area itself is responsible for the availability of clean water and its network maintenance. Water is a very important requirement for human survival. The current condition of clean water distribution in Nguling Village, Pasuruan Regency is still inadequate. To meet the availability and demand for water in the nguling area, it is necessary to distribute clean water using pipes as the transmission medium. The distribution of clean water in the nguling area of Pasuruan Regency itself is considered to have many shortcomings, including the water pressure factor in the pipes which is still not the same in each network and the pressure difference causes water loss which results in leaks due to excess pressure in the pipes. Analysis of the clean water distribution pipeline network in Ngulinng Unit, Pasuruan Regency itself still uses manuals, therefore here we are trying to use the EPANET 2.2 application as a reference for PDAM Unit Nguling as a simulation of measuring the water pressure in each customer meter using a manometer gauge. The EPANET 2.2 application is also very easy to implement because it can also find out how much discharge should come out and find out if there are problems with pipes that are experiencing high pressure and also as a comparison for data that has been manually taken through direct measurements
Keywords: EPANET 2.2; Clean water distribution network pipeline; Loss of water pressure in the pipe

ABSTRAK

Rencana penambahan sistem jaringan pipa air di Kecamatan Nguling oleh PDAM Unit Nguling, dikarenakan bertambahnya permintaan penduduk akan air bersih di wilayah Nguling. PDAM Unit Nguling sebagai pelopor dan penyedia air bersih di wilayah nguling sendiri bertanggung jawab atas ketersediaan air bersih beserta perawatan jaringannya.. Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia. Kondisi pendistribusian air bersih di Desa Nguling, Kabupaten Pasuruan saat ini masih kurang memadai. Untuk memenuhi keberadaan dan kebutuhan air di wilayah nguling, perlu diadakan pendistribusian air bersih dengan menggunakan pipa sebagai media transmisinya. Distribusi air bersih wilayah nguling kabupaten pasuruan sendiri dinilai masih banyak kekurangannya diantaranya dari factor tekanan air dalam pipa yang masih belum sama di tiap jaringannya dan perbedaan tekanan tersebut menyebabkan kehilangan air yang berakibat mengalami kebocoran karena kelebihan tekanan dalam pipa. Analisis jaringan perpipaan distribusi air bersih di Unit Ngulinng, Kabupaten Pasuruan sendiri masih menggunakan manual, oleh karena itu disini mencoba menggunakan aplikasi EPANET 2.2 untuk acuan bagi PDAM Unit Nguling sebagai simulasi pengukuran tekanan air yang ada di tiap meteran pelanggan denfan menggunakan alat pengukur manometer. Aplikasi EPANET 2.2 ini juga sangan mudah diterapkan karena juga bisa mengtahui berapa debit yang seharusnya keluar dan mengetahui apakah ada kendala pada pipa pipa yang mengalami tekanan tinggi dan juga sebagai pembanding untuk data yang sudah diambil secara manual melalui pengukuran langsung
Kata kunci: EPANET 2.2; Pipa Jaringan Distribusi air bersih; Kehilangan tekanan air dalam pipa

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu unsur terpenting dalam kehidupan manusia, karena digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Kebutuhan air yang diperlukan manusia ini tentulah air tersebut harus memenuhi persyaratan, baik kualitas maupun kuantitas. Dilihat dari segi kualitas air yang layak minum haruslah memenuhi persyaratan fisik, dimana air harus jernih, tidak berbau dan berasa. Persyaratan kimia, dimana air tidak mengandung bahan kimia yang bersifat racun dan dari segi bakteriologis air mengandung mikroorganisme atau kuman lainnya. Dari segi kuantitas penyediaan air, antara yang membutuhkan dan jumlah air haruslah cukup.

PDAM Giri Nawa Tirta – Kabupaten Pasuruan merupakan perusahaan air minum yang ditunjuk oleh. Pemerintah Kabupaten Pasuruan, Sebagai institusi yang mengadakan kebutuhan penduduk melalui penyediaan dan pelayanan publik dengan mutu yang baik dan harga yang terjangkau. Seperti yang diketahui air merupakan hal yang wajib digunakan penduduk setiap harinya, tersedianya air yang berkualitas menyebabkan kemakmuran dan kesejahteraan penduduk dalam sector pembangunan di wilayah wilayah. Dengan adanya pengembangan jaringan pipa distribusi, karena terus menerus ada pertambahan pelanggan atau konsumen, sehingga perlu dilakukannya eveluasi terhadap sistem jaringan perpipaan distribusi yang ada, sehingga dapat digunakan acuan untuk mendistribusikan air tanpa kendala, perlu dilakukan evaluasi kesesuai kecepatan, tekanan dan debit yang mengalir dalam pipa sehubungan dengan pengembangan jaringan.

Dalam melakukan analisa jaringan dalam perpipaan distribusi air bersih di Unit Nguling, dibutuhkan aplikasi atau software yang mampu mengetahui kedaan dalam pipa atau simulasi jaringan distribusi. Software atau aplikasi yang digunakan yaitu EPANET 2.2, dikarenkana aplikasi ini sanngat cocok dan mudah digunakan pada spesifikasi laptop ataupun computer yang tidak terlalu tinggi, EPANET adalah sebuah software program computer atau laptop berbasis Windows yang dikembangkan oleh U.S. Environmental Protection Agency(EPA). EPANET sendiri dapat digunakan untuk simulasi jaringan distribusi air sebagai acuan untuk melakukan pendistribusian kepada penduduk yang memerlukan air bersih, Simulasi ini terdiri dari jaringan perpipaan yang akan dirancang, tekanan air yang ada di dalam pipa, serta berupa sambungan pipa, pompa, junction sebagai pengetahuan untuk mengetahui berapa debit yang akan digunakan dan tangki penyimpanan atau reservoir.

TINJAUAN PUSTAKA

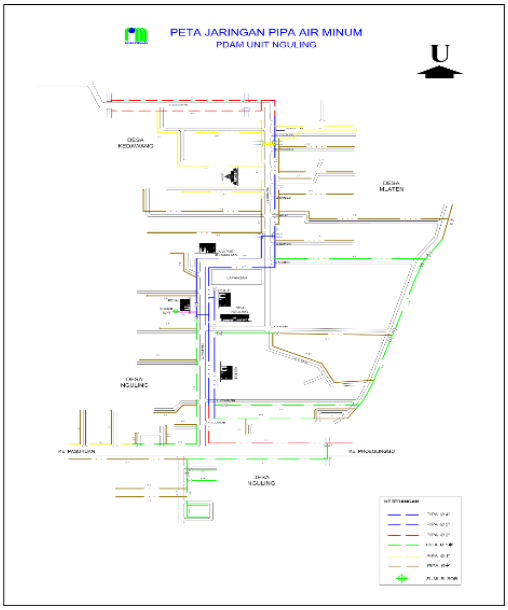
Berdasarkan pada Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 23 Tahun 2006 tentang Pedoman Teknis dan Tata Cara Peraturan Tarif Air Minum pada Perusahaan Daerah Air Minum, Ada beberapa ketentuan yang harus digunakan dalam menyelenggarakan penyediaan air bersih. Ketentuan tersebut meliputi hal-hal sebagai berikut :
a. Ketentuan Kuantitatif : Ketentuan kuantitatif dalam pengadaan air bersih adalah dilihat dari sumber air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan jumlah penduduk yang dilayani. Selain itu, jumlah debit air yang digunaka sangat tergantung pada tingkat kemajuan pembangunan dan sosial ekonomi masyarakat sekitar. Berdasarkan pada Peraturan Menteri Dalam Negri Nomor 23 tahun 2006 tentang Pedoman Teknis dan Tata Cara Pengaturan Tarif Air Minum, standar kebutuhan pokok air sebesar 60 liter/orang/hari. Penyedia air bersih wajib memenuhi kebutuhan air penduduk karena tersedianya air bersih yang terbatas dapat menimbulkan penyakit di penduduk. Kebutuhan rata-rata air bervariasi untuk setiap manusianya dan tergantung pada keadaan lingkungan, standar kehidupan dan kebiasaan masyarakat.
b. Ketentuan Kualitatif berupa mutu atau kualitas dari sumber air bersih. Ketentuan ini meliputi fisik, kimia, bioligis dan radiologis. Secara fisik air bersih yang akan didistribusikan harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa atau tawar. Warna dipersyaratkan dalam air bersih untuk masyarakat karena pertimbangan estetika. Rasa asin, manis, pahit, asam dan lainnya tidak boleh terdapat dalam air bersih untuk penduduk. Bau yang terdapat pada air adalah bau amis, dan sebagainya. Bau dan rasa biasanya terdapat bersama-sama dalam air. Suhu air sebaiknya sama dengan suhu udara yaitu atau kurang lebih 25^{o}C. Untuk jernih atau tidaknya air dikarenakan adanya butiran-butiran endapan dari bahan tanah liat. Semakin banyak mengandung endapan maka air semakin keruh. Epanet aplikasi perangkat lunak yang digunakan di seluruh dunia untuk model sistem distribusi air .Itu dikembangkan sebagai alat untuk memahami gerakan dan takdir air minum konstituen dalam sistem distribusi , dan dapat digunakan untuk banyak tipe yang berbeda aplikasi sistem distribusi analisis. Epanet adalah software yang digunakan di Teknik Lingkungan untuk perencanaan sistem distribusi air bersih menggunakan pipa.\epanet dikeluarkan oleh USEPA dan telah digunakan diberbagai secara internasional.

Apriadi (2008), Sumber air baku untuk air bersih yaitu air yang harus dapat digunakan berkepanjangan dengan debit air yang relatif tetap, baik pada musim kemarau maupun musim hujan. Ketentuan untuk penyedia air bersih ada hubungannya dengan kualitas air yang tersedia yaitu sumber air baku yang ada di alam. Idealnya penduduk menggunakan air bersih bahkan air minum kapanpun dibutuhkan selama 24 jam. Penggunaan air yang digunakan yaitu minimal kurang lebih selama 12 jam perhari dan pada jam-jam sibuk yaitu pada jam 06.00 hingga 19.00. Data yang digunakan dikelompokan menjadi 2 jenis yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang kumpulkan berupa elevasi, jarak maupun koordinat dari seluruh lokasi perencanaan distribusi air bersih baik lokasi reservoir dan letak aksesoris pipa distribusi serta data debit yang diukur pada meteran penduduk. Ketiga data tersebut diperoleh dengan menggunakan aplikasi google earth, Data sekunder yang digunakan adalah data kependudukan yang berasal dari Badan Pusat Statistik (BPS) ataupun Bisa ke Kantor Kecamatan yang akan diteliti

Metode dari distribusi air tergantung pada kondisi geografi dari asal sumber air dan posisi para konsumen yang ingin menggunakan berada. Menurut Peavy et.al (1985) sistem pengaliran yang dipakai adalah sebagai berikut :
1. Cara Gravitasi
Sistem gravitasi digunakan apabila sumber air atau mata air memiliki ketinggian atau elevasi lebih tinggi dibandingan dengan kawasan penduduk yang memerlukan sehingga dapat menghemat biaya operasional serta hanya memanfaatkan beda elevasi ketinggian yang ada antara penduduk dan sumber air, dan juga sumber air harus elevasinya lebih tinggi dibandingkan penduduk yang akan mengkonsumsi air tersebut sehingga dapat mengalir dengan mudah
2. Cara Pemompaan
Sistem Perpompaan digunakan untuk menambah tekanan yang berada didalam pipa untuk mendistribusikan air dari reservoir atau sumber air baku kepada konsumen. Sistem ini digunakan jika ketinggian antara sumber air dan daerah yang dilayani tidak memberikan tekanan yang cukup.

METODE

Dalam pelaksanaan sistem distribusi air bersih dilakukan dengan cara mengumpulkan data primer berupa peta jaringan pipa eksisting dan juga elevasi yang dibantu menggunakan aplikasi google earth, kemudian mengumpulkan data sekunder berupa peta RTRW PDAM Unit Nguling untuk menentukan lokasi daerah yang akan dikembangkan serta agar megetahui kebutuhan air yang dibutuhkan di Desa nguling sendiri. Tujuan dari menggunakannyanya EPANET 2.2 yaitu untuk mengevaluasi sistem distribusi pipa sehingga bisa dibuat acuan dalam melakukan pendistribusian air ke warga-warga. Kebutuhan Air atau base demand dan permodelan perancangan jaringan perpipaan menggunakan software atau aplikasi EPANET 2.2 dilakukan dengan analisa parameter tekanan air didalam pipa serta kecepatan air untuk memperhitungkan berapa factor jam puncak pada wilayah tersebut dengan melakukan pengukuran langsung melalui kran pelanggan, Dan juga membuat hasil Rekomendasi perbandingan Antara data yang diperoleh dari meteran pelanggan dengan hasil rekomendasi dari berbagai perubahan diameter pipa sehingga dapat terdistribusikan secara bersamaan tanpa ada kendala sesuai dengan . Perhitungan kriteria pipa distribusi berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2007 (Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2007).



Gambar 1. Peta Jaringan PDAM Unit Nguling
Sumber: PDAM kabupaten Pasuruan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekomendsai sistem jaringan distribusi air bersih eksisting di Desa Nguling dilakukan dengan Aplikasi EPANET 2.2, dengan masa waktu pompanya yaitu 16 jam. Diimulai pukul 04:00 sampai pukul 19:00 dengan waktu istirahat masa pakai pompa pada jam 10:00 sampai 11:00, Hal ini dikarenakan agar menstabilkan kesetaraan air dalam pipa. Sistem Pengaliran di PDAM Unit Nguling Kabupaten Pasuruan ini menggunakan sistem pengaliran air dengan cara Pemompaan. Sistem Pemompaan digunakan dikarenakan dataran di kecamatan nguling ini merupakan dataran rendah sehingga butuh pompa untuk mendorong ke pelanggan terjauh yaitu di Selatan Desa Nguling. Berikut faktor pengalih kebutuhan air dan didapatkan hasil tertingginya jam puncak yaitu pada jam 0800 :

Tabel 1. Tekanan kebutuhan air dalam 16 jam

No	Jam	Tekanan	No	Jam	Faktor Pengali
1	04.00	0,76	9	12.00	1,00
2	05.00	0,78	10	13.00	0,85
3	06.00	0,80	11	14.00	0,88
4	07.00	0,82	12	15.00	0,90
5	08.00	1,08	13	16.00	0,93
6	09.00	0,90	14	17.00	0,95
7	10.00	0,88	15	18.00	1,00
8	11.00	Berhenti	16	19.00	0,98

Tabel 2. Junction yang tekananya di bawah kriteria

No	Junction	Pressure (m)
1	Junc 28	-58,69
2	Junc 47	-13,55
3	Junc 52	-62,67
4	Junc 47	-13,55
5	Junc 81	-1,06

Berdasarkan **tabel 2**, hasil tekanan yang rendah pada lima junction diatas disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu kehilangan air yang dikarenakan oleh bocornya pipa distribusi serta komponen pipa lainnya yang berupa get valve dan penyambung pipa lainnya sehingga mengakibatkan terjadinya penurunan tekanan, kehilangan air, kebocoran pipa serta elevasi pada tempat tersebut yang terlampau tinggi dan menempuh cukup jauh dalam pipa sehingga disaat jam puncak tekanan tidak sampai ke pelanggan tersebut, serta pengaturan keluarnya air pada katup-katup air yang terlalu kecil. hasil dari simulasi jaringan, pada jam 08:00, terdapat lima junction yang tekanannya di bawah kriteria pipa distribusi dari Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007 (Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2007) dengan tekanan minimal sebesar 0,5 atm, yang apabila dikonversikan ke satuan meter air menjadi 5,16 meter air, di mana junction yang dimaksud dapat dilihat pada **Tabel 2.**

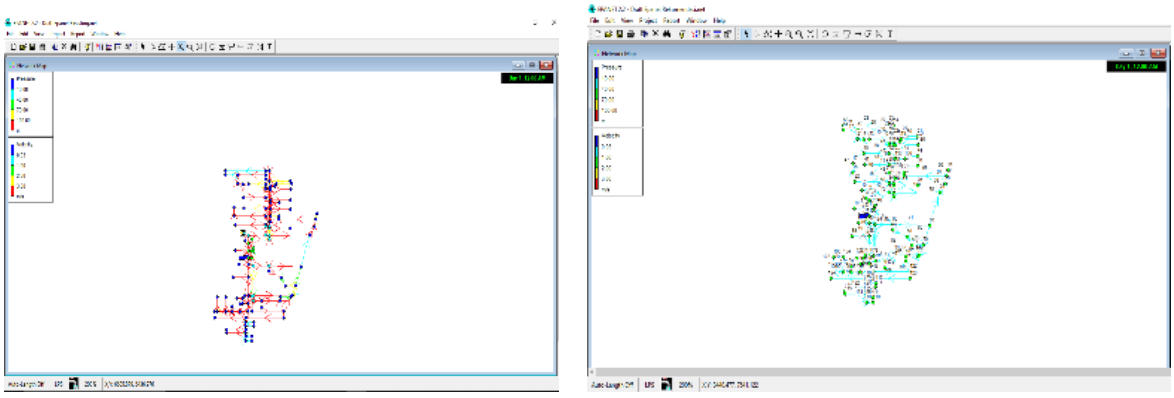
Dalam melaksanakan Prosedur pemasangan meteran baru biasanya pihak PDAM Unit Nguling melakukan peninjauan pada jalur pipa yang akan dilalui atau dialirkan kepada pelanggan baru, peninjauan biasanya berupa pengecekan elevasi, diameter pipa dan panjang pipa serta debit yang akan masuk nantinya setelah proses pemasangan meteran. Prosedurnya dari orang yang meminta untuk dialiri air PDAM itu dari orang tersebut dating langsung ke kantor, kemudian mengisi data yang sudah disiapkan oleh pihak PDAM Unit Nguling, kemudian pihak PDAM Nguling biasanya langsung mengontak PDAM Pusat untuk melaporkan bahwa ada pelanggan yang akan pasang meteran baru.

Tabel 3. Pelaksanaan Prosedur Pemasangan meteran baru di PDAM Unit Nguling

No.	**Prosedur Kegiatan**	**Perlakuan**
1.	Pemberkasan	Dengan melakukan pengajuan permohonan langsung ke kantor PDAM Unit Nguling ataupun pegawai dari PDAM menawarkan ke rumah-rumah warga ataupun sosialisasi pentingnya menggunakan air bersih dengan kualitas sesuai dengan baku mutu
2.	Monitoring (Kunjungan Lapangan)	Peninjauan atau monitoring permohonan dimana kegiatan ini dilakukan oleh pihak PDAM Unit Nguling Kabupaten Pasuruan

Berdasarkan pada data eksisting yang ada wilayah di Desa Nguling sendiri cukup rendah berkisar 10-2 meter diatas laut. Pada Instalasi Air Minum dibangun pada Tahun 1988 dengan sumber Air Baku dari Sumur Bor dengan Debit 7,1 liter/detik oleh PPSAB Jawa Timur, yang dibangun bertepatan di dalam Kantor PDAM Unit Nguling. Air yang terkandung dalam sumur bor tersebut juga airnya sangat jernih dan terpenting layak di konsumsi oleh penduduk di Desa Nguling. Pada PDAM Nguling ini mengaliri 398 yang tersebar di 3 kelurahan di Kecamatan Nguling tersebut, akan tetapi masih belum wilayah yang belum teraliri dikarenakan masih dalam tahap pengembangan oleh PDAM pusat Kabupatan Pasuruan.

Evaluasi ini meggunakan data yang ada saat pengukuran oleh pihak PDAM Unit Nguling Kabupaten Pasuruan. Data yang diperoleh yaitu data besar dimensi pipa, panjang pipa, peta wilayah, reservoir. Pada PDAM Unit Nguling Kabupaten Pasuruan ini belum pernah mengatur sistem distribusinya menggunakan Sistem Aplikasi ataupun Software. Sehingga jalannya Sistem Pendistribusian Air Bersih di PDAM Unit Nguling ini masih menggunakan cara peraturan sistem secara manual sejak berdirinya PDAM tersebut. Oleh karena itu dengan menggunakan Evaluasi dengan menggunakan Aplikasi Epanet 2.2. ini diharapkan PDAM Unit Nguling ini bisa mengacu dan sesuai dengan peraturan yang berlaku dalam pendistrubusian kepada pelanggan atau masyarakat.



(a) (b)

Gambar 2. a) EPANET Eksisting , **b)** EPANET Rekomendasi

Berdasarkan gambar **2.a.** dilakukan pengisian pada data elevasi dan debit air pada setiap junction, kemudian panjang, diameter dan kekasaran pipa pada setiap pipanya, pada aplikasi tersebut wajib diisi semua dikarenakan apabila jika salah satu junction pada Epanet Eksisting tersebut tidak diisi maka tidak muncul warna sebagai parameter besar atau kecil tekanan air yang ada dalam pipa. Pada Epanet eksisting tersebut dilihat bahwa hasil dari pengisian tersebut mendapatkan hasil yang masih berwarna merah dan kuning hal itu dikarenakan masih tingginya debit aliran di dekat dengan kantor PDAM Unit Nguiling ini dan daerah yang terjauh hanya menerima debit air yang dikatakan cukup kurang dibandingkan yang dekat dengan sumber airnya.

Pada gambar **2.b.** merupakan hasil dari Rekomendasi Epanet yang meliputi dengan perubahan diameter pipa pada setiap pipanya sehingga didapatkan hasil berwarna kuning,hijau muda dan hijau yang menunjukkan bahwa pada aliran dalam pipa tersebut sudah stabil dan tidak ada yang teraliri cukup tinggi dan cukup rendah. Apa saja yang mempengauhi perbedaan antara hasil simulasi rekomendasi aplikasi EPANET dengan pengukuran langsung pada kran pelanggan yaitu:

1. faktor umur pipa yang memengaruhi koefisien Hazen-Williams
2. terjadinya kebocoran dalam pipa distribusi yang mengakibatkan tekanan air pada saat pengukuran tekanan menjadi kecil
3. Adanya pengecekan setting katup pengatur tekanan jauh lebih kecil dari data pengaturan katup yang di dapatkan.

Dari hasil evaluasi dengan perubahan diameter pada jaringan distribusi maka diperoleh bahwa kecepatan air pada pipa distribusi telah memenuhi baku mutu, sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 18 tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyedia Air Minum Setelah melakukan evaluasi dengan perubahan diameter pipa distribusi maka dapat disimpulkan bahwa evaluasi yang di Sistem Distribusi yang digunkan oleh PDAM Unit Nguling dapat dimanfaatkan dan diperlukan untuk keberlangsungan kegiatan pendistribusian air, sehingga permasalahan besar kecilnya tekanan dan kecepatan aliran dapat diatasi dengan adanya evaluasi yang telah dilakukan melalui Aplikasi EPANET 2.2 Rekomendasi epanet pada wilayah Unit Nguling, merupakan hasil rekomendasi kondisi sistem distribusi pada tahun 2020. Hasil setelah running Epanet 2.2 menunjukkan berhasil. Keberhasilan running pada aplikasi EPANET 2.2 ini, menunjukkan bahwa sistem yang berada di dalam pipa sudah berjalan dengan baik, Saran yang dilakukan untuk mengatasi masalah eksisting, yaitu dengan melakukan sistem penyebaran pipa agar tidak terjadi tekanan rendah di dalam pipa. Tujuan dari penyebaran pipa adalah untuk menyeimbangkan tekanan dan mengurangi unit headloss. Diketahui bahwa semakin besar unit headloss dan pipa juga terlalu panjang, maka kehilangan tekanan air dalam pipa juga akan semakin besar.

KESIMPULAN

Berdasarkan penjelasan tentang pembahasan, evaluasi dan rekomendasi yang telah dijelaskan diatas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil evaluasi jaringan pipa distribusi air minum di PDAM Unit Nguling Kabupaten Pasuruan menunjukkan bahwa tekanan pipa yang telah stabil dan telah memenuhi, namun masih terdapat kecepatan aliran air yang belum memenuhi baku mutu tersebut
2. Setelah dilakukan rekomendasi sistem jaringam distribusi air bersih, menggunakan simulasi Aplikasi EPANET 2.2 dan pengukuran langsung di kran pelanggan penduduk, dapat diambil disimpulkan bahwa beberapa tekanan pelanggan masih ada tekanan air yang di bawah kriteria, serta pada beberapa pipa kecepatan aliran airnya di bawah kriteria dari peraturan yang sama, yakni minimal sebesar 0,3 m/s. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan pada jaringan distribusi air bersih existing, yakni:
   a. Pergantian diameter pipa
   b. Katup air atau get valve diganti sesuai dengan diameter pipa atau diatur tekanannya.

c. Penambahan pompa pada beberapa wilayah tertentu di jalan raya dengan model yang cocok untuk dapat mendistribusikan air secara seimbang hingga pelanggan terjauh dan atau pelanggan yang memiliki elevasi yang tinggi, terutama pada saat jam puncak, waktu dimana banyak penduduk yang menggunakan air bersih

DAFTAR PUSTAKA

[1] AL – Layla, M.A. et al. 1977. Water Suppply Engineering Design. Ann Arbor Science publishers, Inc., Michigan
[2] *https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/lingkungan/article/viewFile/1670/1657*
[3] https://www.epa.gov/water-research/epanet
[4] Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2005, tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum perlu menetapkan Peraturan Menteri Dalam Negeri tentang Pedoman Teknis dan Tata Cara Pengaturan Tarif Air Minum Pada Perusahaan Daerah Air Minum
[5] Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia (2007). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, http://ciptakarya.pu.go.id/dok/hukum/permen/permen_18_2007.pdf
[6] Peavy, Howard S et. al. 1985. *Enviromental Engineering*. McGraw – Hill. Singapura.
[7] PDAM Kabupaten Pasuruan, 2020. Profil PDAM Giri Nawa Tirta Kabupaten Pasuruan, diakses dari *https://www.pdamkabpasuruan.com/*