# I LANDASAN TEORI

## Studi Literatur

Studi literatur merupakan acuan dalam melakukan penelitian ini sebagai pedoman dalam mengerjakan tugas akhir. Pada studi literatur ini ada beberapa judul yang serupa dengan program bantu yang berbeda, sehingga dapat menjadi referensi dalam mencari bahan kajian pada penelitian ini. Berikut beberapa studi literatur yang diambil dari jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Nama | Judul | Persamaan | Perbedaan |
| 1. | Rolan Hebel Alipen | Optimalisasi Penyediian Air Bersih Daerah Pelayanan Kecamatan Lamboya, Kabupaten Sumba Barat Daya Provinsi Nusa Tenggara  Timur, 2019 | * Metode yang digunakan untuk perhitungan proyeksi jumlah penduduk * Mengunakan software   *waterCAD* | Rencana pengembangan untuk 15 tahun mendatang |
| 2. | Anastasya Feby Mekawibang, Lambertus Tanudjaja, Evelibe  M. Wuisan | Perencanaan system penyediaan air bersih di desa Sayowan kecamatan Ratatotok kabupaten Minahasa Tenggara | Rencana pengembangan 10 tahun mendatang | Metode yang digunakan untuk perhitungan proyeksi jumlah penduduk |
| 3. | Meidyas Riska Wzzahyuni | Optimalisasi Penyediian Air Bersih Kota Gresi Berdasarkan Tingkat Pelayanan Terhadap Masyarakat, 2017. | Mengoptimalkan wilayah yang belum terlayani air bersih | * Membahas rasio pelayanan air bersih * Tidak menggunakan software *waterCAD* |

## Pengetian Air Bersih, Sumber Air Baku dan Kebutuhan Air Bersih

### Pengertian Air Bersih

Air bersih adalah air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak terlebih dahulu (Menteri Kesehatan Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010).

1. Sumber Air Baku

Menurut Totok Sutrisno dan Eni Suciati (2010) dalam bukunya yang berjudul Teknologi Penyediaan Air Bersih menyebutkan bahwa sumber-sumber air yang ada dapat dimanfaatkan untuk keperluan air minum yaitu:

1. Air Hujan

Biasanya sebelum jatuh ke permukaan bumi akan mengalami pencemaran sehingga tidak memenuhi syarat apabila langsung diminum. Maka untuk menjadikan air hujan sebagai air minum hendaknya pada waktu menampung air hujan jangan dimulai pada saat hujan mulai turun, karena masih banyak mengandung kotoran. Selain itu air hujan mempunyai sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir, sehinga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi. Juga air hujan ini mempunyai sifat lunak, sehingga akan boros dalam pemakaian sabun.

1. Air permukaan tanah (*surface water*)

Yaitu air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya air permukaan ini mendapat pengotoran selama pengalirannya. Contohnya : rawa, sungai, danau yang tidak dapat diminum sebelum melalui pengolahan karena mudah tercemar.

1. Air dalam tanah (*ground water*)

Yang terdiri dari air sumur dangkal dan air sumur dalam. Air sumur dangkal dianggap belum memenuhi syarat untuk diminum karena mudah tercemar. Sumber air tanah ini dapat dengan mudah dijumpai seperti yang terdapat pada sumur gali penduduk, sebagai hasil budidaya manusia. Keterdapatan sumber air tanah ini sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti topografi, batuan, dan curah hujan yang jatuh di permukaan tanah. Kedudukan muka air tanah mengikuti bentuk topografi, muka air tanah akan dalam di daerah yang bertopografi tinggi dan dangkal di daerah yang bertopografi rendah. Di lain pihak sumur dalam yang sudah mengalami perjalanan panjang adalah air yang jauh lebih murni, dan pada umumnya dapat langsung diminum, namun memerlukan pemeriksaan laboratorium untuk memastikan kualitasnya. Keburukan dari pemakaian sumur dalam ini adalah apabila diambil terlalu banyak akan menimbulkan intrusi air asin dan air laut yang membuat sumber air jadi asin, biasanya daerah- daerah sekitar pantai.

### Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air adalah sejumlah air yang digunakan untuk berbagai peruntukkan atau kegiatan masyarakat dalam wilayah tersebut. Dalam kasus ini kebutuhan air yang diperhitungkan yaitu kebutuhan air untuk peruntukan kegiatan rumah tangga (domestik), fasilitas umum meliputi perkantoran, pendidikan (non domestik), Irigasi, Peternakan, Industri, serta untuk pemeliharaan/penggelontoran sungai. Menurut Dirjen Pekerjaan Umum Cipta Karya (1996), kebutuhan air domestik dihitung berdasarkan jumlah penduduk yang ada di Kota kupang dan mengalikannya dengan standar kebutuhan air (ditentukan berdasarkan jumlah penduduk dalam Kota Tambolaka), kemudian kebutuhan air perkotaan dapat diketahui dari perkalian prosentase standart kebutuhan air non domestik dengan kebutuhan air domestik yang telah diperhitungkan, dimana standart kebutuhan air non domestik untuk kota besar yaitu 40% dari kebutuhan air domestik.

Tabel 2. 2 Kategori Tingkat Pelayanan Air Minum

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Kategori** | **Jumlah Penduduk** | **Tingkat Pemakaian Air** |
| 1 | Kota Metropolitan | > 1.000.000 | 120 lt/org/hari |
| 2 | Kota Besar | 1.000.000 | 100 lt/org/hari |
| 3 | Kota Sedang | 500.000 | 90 lt/org/hari |
| 4 | Kota Kecil | 100.000 | 60 lt/org/hari |
| 5 | Kota Kecamatan | 3.000 - 20.000 | 45 lt/org/hari |

(*Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Ditjen Cipta Karya Direktorat Air Bersih* (1994:40))

Macam kebutuhan air bersih umumnya dibagi atas dua kelompok yaitu :

1. Domestik

Kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat- tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari- hari seperti memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya. Satuan yang dipakai adalah liter/orang/hari. Untuk menentukan kebutuhan air minum di suatu daerah/kawasan, maka diperlukan data pemakaian air yang dapat diterapkan untuk kota yang bersangkutan.Kebutuhan domestik akan air berbeda-beda dari satu kota ke kota yang lain, dipengaruhi :

1. Iklim

Kebutuhan air disaat cuaca atau suhu yang tinggi cenderung meningkat dibanding kebutuhan air ketika cuaca atau suhu relatif lebih rendah.

1. Karakteristik Penduduk

Penduduk yang berkarakter secara ekonomi kuat atau kaya maka penggunaan airnya jauh lebih besar dibandingkan dengan orang- orang yang kurang mampu secara ekonomi.

1. Permasalahan Lingkungan Hidup

Peningkatan permasalahan lingkungan hidup akhir-akhir ini mengakibatkan adanya penemuan-penemuan alat baru yang membuat penghematan penggunaan air sehingga jumlah kebutuhan akan air juga berubah.

1. Harga Air

Dengan naiknya harga pemakaian air maka mendorong orang- orang untuk melakukan penghematan air.

1. Kualitas Air

Peningkatan kualitas air mendorong orang untuk meningkatkan pemakaian airnya, tetapi sebaliknya penurunan kualitas air yang terjadi mengakibatkan keengganan orang untuk memakai air.

1. Non Domestik

Standar kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih di luarkeperluan rumah tangga termasuk industri, komersial, dan sarana penunjang yangmencakup kebutuhan perkantoran, rumah ibadah, fasilitas kesehatan, dan fasilitas lainnya.

Tabel 2. 3 Tingkat Pemakaian Air Non Rumah Tangga

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Z | Kategori Kota | Jumlah Penduduk |
| 1 | Sekolah | 10 Liter/hari |
| 2 | Rumah Sakit | 200 Liter/hari |
| 3 | Puskesmas | (0,5-1) m³/unit/hari |
| 4 | Peribadatan | (0,5-2) m³/unit/hari |
| 5 | Kantor | (1-2) m³/unit/hari |
| 6 | Toko | (1-2) m³/unit/hari |
| 7 | Rumah Makan | 1 m³/unit/hari |
| 8 | Hotel/Losmen | (100-150) m³/unit/hari |
| 9 | Pasar | (6-12) m³/unit/hari |
| 10 | Industri | (0,5-2) m³/unit/hari |
| 11 | Pelabuhan/Terminal | (10-20) m³/unit/hari |
| 12 | SPBU | (5-20) m³/unit/hari |
| 13 | Pertamanan | 25 m³/unit/hari |

(*Sumber: Penyusunan Rencana Induk Sistem Pelayanaan Air Minum*)

Berikut langkah-langkah dalam menganalisa proyeksi kebutuhan air bersih:

1. Kebutuhan Air Rata-Rata

Kebutuhan harian rata-rata (*Qr*) per orang per hari dihitung dari pemakaianairsetiap jam selama 24 jam.

*Qr* = 𝑗𝑢𝑚𝑙𝑎ℎ 𝑘𝑒𝑏𝑢𝑡𝑢ℎ𝑎𝑛 𝑎𝑖𝑟 × 𝑗𝑢𝑚𝑙𝑎ℎ 𝑝𝑒𝑛𝑑𝑢𝑑𝑢𝑘 (2.1)

Keterangan:

*Qr* = Kebutuhan air rata-rata (m3)

1. Kebutuhan Air Harian Maksimum

Kebutuhan air maksimum (Qhm) adalah jumlah penggunaan air terbanyak dalam satuhari selama satu tahun. Menurut (SNI 7509- 2011“Tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi danUnit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum”) bahwa besarnya faktor kebutuhan harian maksimum adalah 1,15.

*Qh* = *fhm × Qrh* (2.2)

Keterangan:

*Qhm* = Kebutuhan air harian maksimum (m3)

*fhm* = Faktor harian maksimum (1,15)

*Qrh* = Kebutuhan air rata-rata harian (liter/hari)

1. Kebutuhan Air Jam Puncak

Kebutuhan air jam puncak (*Qjm*) adalah penggunaan air tertinggi pada jam-jam tertentu selama periode satu hari. Menurut (SNI 7509- 2011 “Tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi dan Unit) Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum” bahwa Pemakaian jam puncak adalah 1,5-2,0.

*Qj* = *fjm × Qrh* (2.3)

Keterangan:

*Qjm* = Kebutuhan air jam maksimum (m3)

*fjm* = Faktor kebutuhan jam maksimum (1,5)

*Qrh* = Kebutuhan air rata-rata harian (liter/hari)

1. Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih

Fluktuasi kebutuhan air bersih adalah penggunaan air pada tiap jam tergantungdari aktivitas penduduk. Berdasarkan kebutuhan harian maksimum dan kebutuhan air jam maksimum maka dapat diketahui pemakaian rata-rata air fluktuasi kebutuhan air.

Tabel 2. 4 Load Faktor dari Fluktuasi

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Jam Load | Faktor | Jam Load | Faktor |
| 1 | 0,3 | 13 | 1,14 |
| 2 | 0,37 | 14 | 1,17 |
| 3 | 0,45 | 15 | 1,18 |
| 4 | 0,64 | 16 | 1,22 |
| 5 | 1.15 | 17 | 1,31 |
| 6 | 1,4 | 18 | 1,38 |
| 7 | 1,53 | 19 | 1,25 |
| 8 | 1,56 | 20 | 0,98 |
| 9 | 1,42 | 21 | 0,62 |
| 10 | 1,38 | 22 | 0,45 |
| 11 | 1,27 | 23 | 0,37 |
| 12 | 1,2 | 24 | 0,25 |

(*Sumber: DPU Ditjen Cipta Karya Direktotat Air Bersih*)

1. Kehilangan Air

Kehilangan air (HI) adalah selisih antara banyaknya air yang dihasilkan dengan air yang didistribusikan secara terencana. Kehilangan air berfungsi untuk mengetahui jumlah air bersih yang terbuang saat didistribusikan. Prosentase kehilangan air adalah 20% dikalikan kebutuhan air yang dibutuhkan.(Departemen Jendral Cipta Karya, 2010).

## Infrastruktur Air Bersih

Kesulitan dalam penyediaan infrastruktur sudah mulai berlangsung sejak lama. Persoalan-persoalan yang ada antara lain meliputi: keterbatasan dana dari pemerintah, peningkatan penduduk yang terus berlangsung terutama di kota-kota besar, euforia otonomi yang cenderung kebablasan dari Kabupaten/Kota menjadi beberapa penyebab perkembangan infrastruktur kalah cepat dibandingkan dengan dinamika pertumbuhan yang ada. Pelayanan air bersih belum menyentuh seluruh lapisan masyarakat yangmembutuhkan baik di kota maupun di desa (Kodoatie, 2003). Sistem infrastruktur dapat didefinisikan sebagai fasilitas- fasilitas atau struktur-struktur dasar, peralatan-peralatan, instalasi- instalasi yang dibangun dan yang dibutuhkan untuk berfungsinya sistem sosial dan sistem ekonomi masyarakat (Grigg dalam Kodoatie, 2003). Definisi teknik juga memberikan spesifikasi apa yang dilakukan system infrastruktur dan mengatakan bahwa infrastruktur adalah aset fisik yang dirancangdalam sistem sehingga memberikan pelayanan publik yang penting. Secara ideal lingkungan alam merupakan pendukung dari sistem infrastruktur dan sistem ekonomi didukung oleh sistem infrastruktur. Sistem sosial sebagai obyek dan sasaran didukung oleh sistem ekonomi.

Peran infrastruktur sebagai mediator antara system ekonomi dan sosial dalam tatanan kehidupan manusia dengan lingkungan alam menjadi sangat penting. Infrastruktur yang kurang (bahkan tidak) berfungsi akan memberikan dampak yang besar bagi manusia. Sebaliknya infrastruktur yang terlalu berlebihan untuk kepentingan manusia tanpa memperhatikan kapasitas daya dukung lingkungan akan merusak alam yang pada hakekatnya akan merugikan manusia termasuk makhluk hidup lain. Adapun penanganan infrastruktur sektor air bersih pada prinsipnya diutamakan bagi masyarakat yang belum memiliki akses terhadap air bersih,terutama pada daerah-daerah rawan air, permukiman kumuh, nelayan dan daerah tertinggal (Kodoatie,2003).

Kebutuhan air bersih di perkotaan saat ini dapat dipenuhi melalui dua sistem yaitu sistem perpipaan dan sistem non perpipaan. Sistem perpipaan adalah sistem dimana penyediaan air bersih dilakukan melalui pengelolaan air dari sumbernya sampai ke wilayah pelayanan (pelanggan) yang biasanya dilakukan oleh PDAM. Sedangkan sistem non perpipaanadalah sistem penyediaan air yang dapat diperoleh secara alamiah baik langsung maupun tidak langsung seperti air sumur, air danau, air sungai, air hujan ataupun sumber-sumber air permukaan lainnya atau bahkan membeli dari pedagang air keliling.

Menurut Kemmemer dalam Raharjo, 2002. Pemanfaatan sumber daya air untuk pemenuhan kebutuhan air bersih di perkotaan dapat dilakukan dengan 2 (dua) cara yaitu :

- Mengalirkan air dari sumber ke tempat pengguna atau pelayanan umum.

- Pemanfaatan kebutuhan air perkotaan.

Pelayanan ini digunakan oleh pemerintah setempat yang pelaksanaannya dilakukan oleh PDAM dengan pemanfaatan sumber air baku yang ada, melalui pengolahan dan pendistribusian ke daerah pelayanan atau pelanggan. Pelayanan ini dikenakan tarif menurut sistem meteran. Penggalian sumur banyak dilakukan penduduk untukmencukupi kebutuhan domestik, niaga maupun industri. Faktor- faktor yang mempengaruhi kebutuhan air bersih perkotaan adalah sebagai berikut:

1. Iklim, kebutuhan air untuk keperluan sehari-hari seperti mandi, menyiram tanaman semakin tinggi pada musim kemarau.
2. Ciri-ciri penduduk, taraf hidup dan kondisi sosial ekonomi penduduk mempunyai korelasi positif dengan jumlah kebutuhan air. Artinya pada penduduk dengan kondisi social ekonomi yang baik dan taraf hidup yang tinggi akan membutuhkan air yang lebih banyak dari pada penduduk dengan social ekonomi yang kurang mencukupi dan taraf hidupnya lebih rendah. (Linsley et al dalam Raharjo, 2002).

## Proyeksi Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Agar dapat menentukan kebutuhan air bersih di masa mendatang perlu terlebih dahulu diperhatikan keadaan yang ada pada saat ini dan proyeksi jumlah penduduk di masa mendatang. Metode yang digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk di masa mendatang yaitu:

1. Metode Eksponensial

Proyeksi jumlah penduduk dengan metode eksponensial menggunakan persamaan berikut: (Muliakusumah 2000:255)

*P*ⴖ*=p0․er․ n*(2.5)

Dengan :

*Pn* = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

*P0* = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

*r* = angka pertambahan penduduk (%)

*n* = periode tahun yang ditinjau (tahun)

*e* = bilangan logaritma natural (2,7182818)

1. Metode Geometrik

Untuk keperluan proyeksi penduduk, metode ini digunakan bila data jumlah penduduk menunjukkan peningkatan yang pesat dari waktu ke waktu. (Adioetomo dan Samosirm,2010).

*Pn=P0 (1+r)n*(2.6)

1. Metode Aritmatik

Metode ini biasanya disebut juga dengan rata-rata Aljabar. Metode ini digunakan apabila data berkala menunjukkan jumlah penambahan yang relatif sama tiap tahun. Hal ini terjadi pada kota dengan luas wilayah yang kecil, tingkat pertumbuhan ekonomi kota rendah dan perkembangan kota tidak terlalu pesat.

*Pn = Po (1+rn)*(2.7)

## Hidrolika Perpipaan

Pada suatu system penyediaan air bersih dalam pendistribusiannya memerlukan saluran untuk menyalurkan air bersih ke seluruh konsumen, air bersih dialirkan melalui saluran pipa distribusi air. Aliran dalam pipa didistribusikan air bersih kepada konsumen melalui jaringan pipa distribusi.

### Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran adalah jarak yang ditempuh aliran air pada saluran dalam satuan waktu. Kecepatan aliran yang diijinkan dalam pipa 0,3 – 6 m/det, dimana hal ini disesuaikan dengan kondisi setempat dalam hal kemiringan lahan maupun adanya penambahan tekanan dari pompa. Kecepatan aliran tidak boleh terlalu kecil sebab dapat menyebabkan endapan dalam pipa tidak terdorong, dan sebaliknya, jika kecepatan aliran terlalu tinggi, maka akan berakibat korosi pada pipa dan dapat menambah nilai headloss yang berakibat elevasi reservoirnya harus tinggi. Rumus yang digunakan untuk menghitung kecepatan adalah :

*Q* = *A.V* (2.4)

*Q* = *1 . 𝜋𝐷2. 𝑉* (2.5)

Dimana :

*Q* : debit aliran (m3/det)

*V* : kecepatan aliran (m/det)

*A* : luas basah (m2)

*D* : diameter pipa (m)

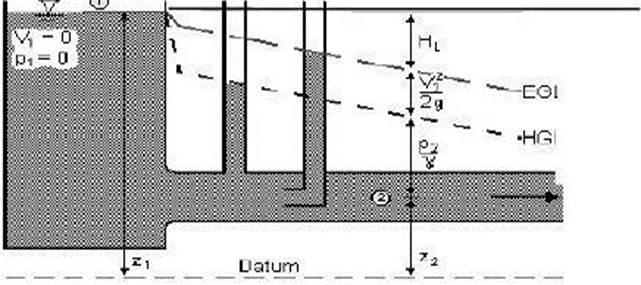
### Hukum Bernoulli

Pada dasarnya sifat air selalu mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Hal tersebut dikenal dengan prinsip Bernoulli. Hukum Bernoulli adalah hukum yang berlandaskan pada hukum kekekalan energi yang dialami oleh aliran fluida. Hukum ini menyatakan bahwa jumlah tekanan (p), energi kinetik per satuan volume, dan energi potensi per satuan volume memiliki nilai yang sama pada setiap titik sepanjang suatu garis arus. Hukum Bernoulli menyatakan bahwa tinggi energi total pada sebuah penampang pipa adalah jumlah energi kecepatan, energi tekanan dan energi ketinggian yang dapat ditulis sebagai berikut :

*ETot* = Energi ketinggian + Energi kecepatan + Energi Tekanan (2.6)

ETot = h + + (2.7)

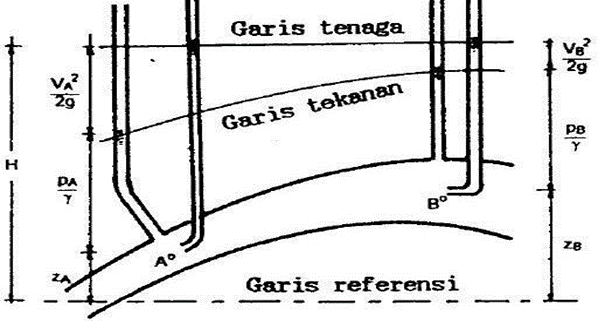
Menurut teori Kekalan Energi dari Hukum Bernoulli apabila tidak ada energi yang lolos atau diterima antara dua titik dalam satu system tertutup, maka energi totalnya tetap konstan. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2. 1 Diagram Energi dan Garis Tekanan

(*Sumber: Haestad, 2002:267*)

Persamaan Bernoulli dapat digunakan untuk menentukan tekanan dan tenaga. Garis tenaga dapat ditunjukkan oleh elevasi muka air pada tabung Pipot yang besarnya sama dengan tinggi total dari konstanta Bernoulli. Sedang garis tekanan dapat ditunjukkan oleh elevasi muka air dalam tabung vertical yang disambung pipa.

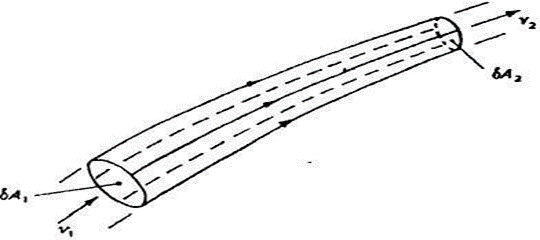


Gambar 2. 2 Garis Tenaga dan Tekanan pada zat cair ideal

(*Sumber : Hidraulika, Bambang Triadmodjo 1996 : 147*)

### Hukum Kontinuitas

Air yang mengalir dalam suatu pipa secara terus menerus yang mempunyai luas penampang dan kecepatan akan memiliki debit yang sama pada setiap penampangnya. Dalam persamaan hukum kontinuitas dinyatakan bahwa debit yang masuk ke dalam pipa sama dengan debit yang keluar.



Gambar 2. 3 Tabung Aliran untuk menurunkan persamaan kontinuitas

(*Sumber : Hidraulika 1, Bambang Triadmodjo 1996:137*)

Hubungan antara Hukum Kontinuitas dengan gambar diatas dapat ditunjukan dengan dua persamaan berikut (Priyantoro, 1991:8):

*V1A1* = *V2A2* (2.8)

*Q* = *A.v* = konstan (2.9)

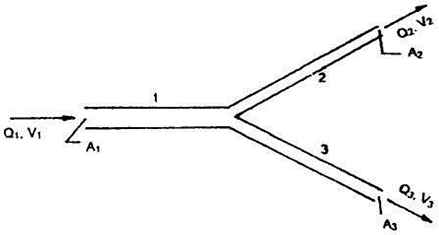
Dengan :

*Q* = Debit yang mengalir (m3/detik)

*A* = Luas penampang (m2)

*V* = Kecepatan (meter/detik)

Persamaan tersebut juga berlaku pada pipa bercabang, dimana debit yang masuk ke dalam pipa akan sama antar debit yang keluar dan debit yang masuk.



Gambar 2. 4 Pesamaan Kontinuitas pada pipa bercabang

(Sumber : Hidraulika 1, Bambang Triadmodjo 1996 : 137)

*Q1* = *Q2* + *Q3* (2.7)

*V1A1* = *V2A2* + *V3A3* (2.8)

Dalam pendistribusian air bersih ke konsumen, pipa menjadi komponen utama. Pipa berperan sebagai sarana mengalirkan air bersih dari reservoir ke konsumen.

### Kehilangan Tinggi Energi (*Head Loss*)

Pada jaringan penyediaan air bersih tentunya terjadi kehilangan tinggi energy atau head loss. Kehilangan kerugian tinggi-tekan terdiri atas kehilangan tinggi-tekan mayor dan minor, atau biasa disebut dengan head losses mayor dan head losses minor. Head losses mayor disebabkan karena kerugia gesek di dalam pipa, dan sedangkan Head losses minor disebabkan karena kerugian di dalam belok-belokan, reduser, katup- katup, damn sebagainya (Sularso dan Tahara, 2006). Berikut penjelasan singkat tentang keduanya :

1. *Major Head Loss*

Untuk menghitung major head loss antara dinding pipa dengan aliran fluida tanpa adanya perubahan luas penampang di dalam pipa dapat di pakai rumus yang ditulis sebagai berikut :

ℎ𝑓 = 𝑓 + (2.9)

Dimana :

*h* = Major head loss (m)

*f* = Koefisien gesekan

*L* = Panjang pipa (m)

*D* = Diameter dalam pipa (m)

*v* = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

*g* = Percepatan gravitasi (m/s2)

1. *Minor Head Loss*

Secara umum *head losses minor* dinyatakan secara umum dengan rumus :

*h*= 𝐾 + (2.16)

*K* = koefisien resistensi valve atau fitting berdasarkan bentuk dan ukuran

*v* = kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)

*g* = percepatan gravitasi (m/s2)

Kehilangan tekanan minor head loss biasanya disebabkan karena kerugian di dalam belok-belokan, reduser, katup-katup, dan sebagainya. Kehilangan tekanan ini biasanya terjadi karena terkelupasnya kulit pipa bagian yang berakibat pecahnya gelembung-gelembung air.

Berikut adalah macam-macam bentuk pipa yang menyebabkan kehilangan tekanan *minor head loss* :

1. Kehilangan energi akibat perbesaran penampang



Gambar 2. 5 Perbesaran Penampang Pipa

(*Triadmodjo, 1996*)

Besarnya kehilangan energi yang terjadi diberikan oleh persamaan berikut (Bambang Triadmodjo, 1996) :

*he* = 𝐾′𝑐 = (2.17)

Dimana :

*he* = Kehilangan energi akibat perbesaran penampang (m)

*K*’ = Koefisien perbesaran penampang yang besarnya tergantung sudut

*V1* = Kecepatan aliran pada pipa 1 (m/detik)

*V2* = Kecepatan aliran pada pipa 2 (m/detik)

*G* = Percepatan gravitasi (m/detik2)

Tabel 2. 5 Nilai K’ sebagai fungsi dari 𝛼

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 𝛼 | 10o | 20o | 30o | 40o | 50o | 60o | 70o |
| K’ | 0,0078 | 0,31 | 0,49 | 0,60 | 0,67 | 0,72 | 0,72 |

1. Kehilangan energi akibat penyempitan penampang



Gambar 2. 6 Penyempitan Penampang pipa

Besar kehilangan energi diberikan oleh rumus berikut :

*he* : 𝐾ˉˈ𝑐. = (2.18)

Dimana :

*he* = Kehilangan energi akibat penyempitan penampang (m)

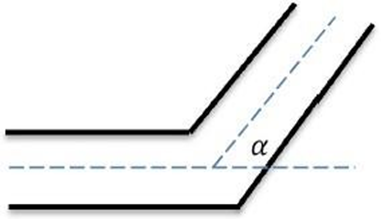
*K’c*=Koefisien penyempitan penampang yang besarnya tergantung pada sudut A1/A2 (dalam prakteknya K’diambil 0,5)

*V1* = Kecepatan aliran pada pipa 1 (m/detik)

*V2* = Kecepatan aliran pada pipa 2 (m/detik)

*G* = Percepatan gravitasi (m/det2)

1. Kehilangan akibat belokan



Gambar 2. 7 Belokan pda pipa

(*Sumber: Triatmodja, 1996*)

Kehilangan energy dapat dicari dengan rumus :

*hb* = *kb.* (2.19)

Dimana :

*hb* = kehilangan energi akibat gesekan (m)

*kb* = koefisien gesekan

*hb* = koefisien gesekan

*V2* = kecepatan air dalam pipa (m/det2)

*g* = percepatan gravitasi (9.8 m/s2)

Tabel 2. 6 Nilai kb Sebagai Fungsi Sudut Belokan

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 𝛼 | 20o | 40o | 60o | 80o | 90o |
| Kb | 0,005 | 0,14 | 0,36 | 0,74 | 0,98 |

*Sumber : Hidraulika II, Bambang Triadmodjo, 1996 : 64*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 𝑅/𝐷 | 1 | 2 | 4 | 6 | 10 | 16 | 20 |
| Kb | 0,035 | 0,19 | 0,17 | 0,11 | 0,32 | 0,38 | 0,42 |

Tabel 2. 7 Nilai kb Sebagai Fungsi Sudut Belokan

*Sumber : Hidraulika II, Bambang Triadmodjo, 1996 : 64*

Tabel 2. 8 Koefisien kehilangan minor pada belokan

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 𝑟/𝑑 | 𝛼 | | | | |
| 15o | 30o | 45o | 60o | 90o |
| 2 | 0,030 | 0,060 | 0,090 | 0,120 | 0,140 |
| 3 | 0,030 | 0,055 | 0,080 | 0,100 | 0,130 |
| 5 | 0,030 | 0,050 | 0,070 | 0,080 | 0,110 |
| 10 | 0,030 | 0,050 | 0,070 | 0,070 | 0,110 |

### Sistem Pengaliran

Sistem Pengaliran dalam suatu jaringan air bersih terdapat tiga macam system yaitu

* + - 1. Sistem Pengaliran Menggunakan Pompa

Sistem pengaliran menggunakan pompa adalah system pengaliran dengan memompakan air ke dalam jaringan distribusi air. Sistem ini digunakan pada elevasi antara sumber air atau instalasi pengolahan air terhadap reservoir distribusi yang tidak dapat memberikan tekanan yang cukup.

* + - 1. Sistem Pengaliran Gravitasi

Sistem pengaliran gravitasi ini digunakan ketika elevasi sumber air baku berada jauh diatas elevasi daerah layanan dan system ini dapat memberikan energy potensial cukup tinggi pada daerah layanan terjauh.

* + - 1. Sistem Pengaliran Kombinasi

Sistem Pengaliran kombinasi adalah system pengaliran yang menggabungkan antara system pengaliran pompa dan system pengaliran gravitasi . Sistem ini menggunakan kombinasi yang biasa digunakan adalah system pompa untuk menaikkan air pada sumber air baku yang berada pada elevasi tertentu diamana ada reservoir untuk menampung air dalam jumlah tertentu untuk kemudian didistribusikan secara gravitasi ke daerah layanan.

## Aplikasi Program *WaterCAD*

Dalam merencanakan sistem jaringan air bersih membutuhkanbanyak jumlah *trial and error* yang harus dilakukan pada seluruh komponen yang adapada sistem jaringan distribusi sehingga memerlukan program yang menolong untuk melakukannya. *Haestad Methods* telah meluncurkan program *Water CAD* untuk menolong bidang modelling distribusi air bersih. Program *Water CAD v8i* merupakan program edukasi produksi dari Haestad tahun 2002 dengan jumlah pipa yang mampu dianalisa yaitu 25 buah pipa sesuai pemesanan spesifikasi program *WaterCAD* dengan haestad dan bisa di upgradejumlah pipanya secara online. Program ini memiliki *interface* yang memudahkan pengguna untuk menyelesaikan lingkup perencanaan dan mengoptimalkan sistem jaringan air bersih. (Haestad dalam *WaterCAD* user’sguide, 2001).

1. Kegunaan WaterCAD

Kegunaan-kegunaan WaterCAD v8i adalah sebagai berikut :

* 1. Menganalisa sistem jaringan distribusi air pada suatu kondisi waktu (kondisi permanen)
  2. Menganalisa tahapan-tahapan atau periodisasi simulasi pada sistem jaringan terhadap adanya kebutuhan air yang berfluktuasi menurut waktu (kondisi tidak permanen).
  3. Menganalisa scenario perbandingan atau alternative jaringan pada kondisi yang berlainan pada suatu file kerja
  4. Menganalisa kondisi jaringan pada saat kondisi ekstrim untuk keperluan pemadaman kebakaran atau hydraf (fire flow analysis).
  5. Menganalisa kualitas air pada system jaringan distribusi air bersih.
  6. Menghitung konstruksi biaya dari system jaringan distribusi air bersih yang dibuat. (Heastad dalam WaterCad user's guide, 2001).

1. Komponen-komponen jaringan distribusi air bersih mempunyai beberapa kata kunci dalam pemrogramannya, yaitu:
   1. Presure Pipe, data pipa, nomer titik, titik simpul awal dan akhir, panjang, diameter koefisien kekasaran serta bahan pipa.
   2. Pressure Junction, titik simpul, nomer titik, elevasi debit kebutuhan.
   3. Tank, data tandon, no mer identitas, elevasi dasar, dimensi tandon, elevasi HWL dan LWL.
   4. Reservoir, data sumber, elevasi, diasumsikan konstan.
   5. Pump, data pompa, elevasi, tinggi tekan, kapasitas pompa, nomer titik simpul awal dan akhir.
   6. Valve, data katup, diameter, jenis, koefisien kekasaran, nomer titik simpul awal dan akhir.
   7. Compute, melakukan proses simulasi.
   8. Report, hasil dari simulasi, titik simpul, pipa
2. Analisa system jaringan perpipaan di Kecamatan Alak Kupang-Nusa Tenggara Timur dilakukan berdasarkan data-data yang telah diperoleh. Pada saat simulasi system jaringan permipaan pada program m aplikasi *WAterCAD V8i* dibutuhkan langkah-langkah sebagai berikut :
   * + Yang pertama membuka dan memberi nama kerja baru pada instalasi jaringan perpipaan dengan format *WaterCAD*
     + Melakukan pengisian pada taham pembuatan file yang baru pada system jaringan perpipaan
     + Menggambarkan Instalasi Jaringan Perpipaan
     + Melaksanakan *running* pada instalasi jaringan peripaan dan juga melakukan analisa terhadap kondisi aliran yang diperoleh (*report*).

Jika dari hasil yang diperoleh tidak sesui dengan kiteria perencanaan maka pemodelan akan dipernsiki lagi untuk setiap komponen instalasi jaringan perpipaan yang ada sampai mendaptkan hasil seperti yang telah direncanakan.