

Perencanaan Jaringan Pipa Sistem Penyaluran Air Buangan Terpusat (*Off-Site System*) di Kecamatan Pasar Jambi, Kota Jambi

Monik Kasman^{1*}, Hadrah², dan Robby Ikhsan³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari
Jalan Slamet Riyadi, Broni, Kota Jambi

*correspondence e-mail: monik.kasman@unbari.ac.id

Abstract

Improving the quality of service and processing of infrastructure and facilities for wastewater has been programmed in the national development program 2000-2004 as stated in Law No. 25 of 2000. For this reason, the need for waste management and treatment to minimize environmental pollution, one of which is liquid waste generated from the community in the form of wastewater, centralized wastewater pipeline planning in Pasar Kecamatan, Jambi City, as an illustration or engineering in environmental management especially wastewater, because this area is dense with buildings and settlements, making it feasible to build a wastewater distribution pipeline system. Based on the analysis in this plan, the total number of service blocks for Jambi Market District consists of 11 service blocks with coverage in 4 Kelurahan, namely Beringin kelurahan with 3 service blocks, Orang Kayo Hitam Subdistrict 3 service blocks, Sungai Asam with 3 service blocks, and Pasar Jambi 2 service blocks, for the total pipe needs, the total number of lateral pipes is 61 pipes with a total length of 6579.2 m, for the total branch pipes are 17 pipes with a total length of 5801 m, and for the main pipe consists of 10 main pipes to drain water discharge to WWTP, totaling 10 main pipes with a total length of 2075, the diameter on the market from the smallest is 90 mm and the largest is 800 mm. Complementary buildings consist of clean out as many as 134 clean out terminals, 80 manholes, 2 pumps, and 1 siphon or crossing building, minimum digging depth for lateral pipes is 0.88 m and the deepest follows the ground slope or assuming with requirement if the ground pipe slope is less than 0, the final drainage of each pipe meets the drainage standard that is 0.6 m / sec <Vp <3 m / sec.

Keywords: Wastewater, Pipes, Wastewater Distribution.

1. Pendahuluan

Air limbah adalah air bekas pemakaian, seperti Air bekas rumah tangga dapat disebut juga dengan air limbah domestik, air tersebut berasal dari aktivitas sehari-hari manusia seperti bak cuci dapur maupun tangan, kamar mandi, kakus (WC atau peturasan) dan lain sebagainya. Air limbah domestik ini tidak hanya berasal dari rumah tinggal tetapi dapat juga berasal dari instansi-instansi seperti perkantoran, sekolah-sekolah, rumah sakit, dan lain sebagainya serta dapat juga dari daerah komersil yaitu perhotelan, tempat hiburan, mall, pasar, dan lain lain-lain. Sedangkan air bekas pemakaian proses industri disebut dengan air limbah industri (Notoatmodjo, 2003).

Pembuangan air limbah tersebut secara langsung maupun tidak langsung berdampak pada menurunnya kualitas lingkungan khususnya kualitas air sungai. Masyarakat kota cenderung menggunakan tangki septik ataupun tangki septik komunal sebagai sarana pengolahan air limbah domestik. Karena Tangki septik tersebut umumnya kurang berfungsi dengan baik, apabila air tangki septik tersebut dibiarkan meresap kedalam tanah tanpa adanya penyaringan yang sempurna, sehingga akan mencemari air tanah dangkal yang biasa digunakan oleh penduduk seperti sumur dangkal, sebagai sumber air bersih.

Perbaikan sistem sanitasi meliputi penyediaan sarana pembuangan air limbah melalui perpipaan dan berakhir pada instalasi pengolahan air limbah domestik dengan sistem terpusat atau *off-site sistem*. Sistem ini baik diterapkan terutama di daerah padat penduduk dengan ketersediaan lahan yang kecil.

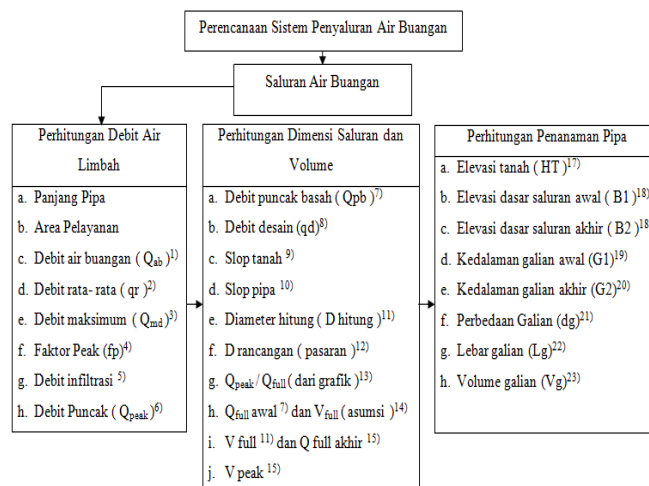
Sistem penyaluran air limbah adalah suatu rangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang air limbah dari suatu kawasan atau lahan, baik itu dari rumah tangga maupun kawasan industri. Sistem

penyaluran biasanya menggunakan sistem saluran tertutup dengan menggunakan pipa yang berfungsi menyalurkan air limbah tersebut ke bak interceptor yang nantinya di salurkan ke saluran utama atau saluran drainase. (Sugiarto,1987).

Sebagian wilayah di Kota Jambi telah dibangun sistem drainase yang penyalurannya masih kurang optimal, salah satunya yaitu wilayah Kecamatan Pasar Kota Jambi, daerah ini merupakan salah satu pusat aktivitas perniagaan yang ada Kota Jambi, dipadati oleh bangunan-bangunan seperti mall, hotel, rumah toko (ruko), dan bangunan-bangunan lainnya sehingga dalam periode tertentu sering terjadi banjir akibat kurangnya daerah resapan di wilayah tersebut. Kecamatan Pasar Kota Jambi memiliki luas 4,02 km² dengan topografi sebagian datar dan sebagian bergelombang dengan ketinggian rata-rata 38 m dari permukaan laut yang berbatas langsung sebelah utara dengan Sungai Batanghari. Tercatat jumlah penduduk Kecamatan Pasar Kota Jambi sebesar 13307 jiwa (DUKCAPIL Kota Jambi, 2017).

Lokasi dari Kecamatan ini juga memiliki Pengolahan Air Limbah yang berdekatan langsung dengan sungai Batanghari dengan jarak \pm 1 km. Berdasarkan Kondisi penduduk saat ini, tingkat pemakaian air bersih di Kecamatan Pasar Kota Jambi cukup besar, sehingga memungkinkan peningkatan debit timbulan limbah domestik perharinya. Oleh karena itu, masalah ini perlu sebuah perencanaan jaringan perpipaan limbah domestik dengan sistem terpusat (*off-site system*) sebagai alternatif untuk mengurangi beban pencemaran air limbah domestik dari berbagai sumber seperti limbah cair rumah tangga, sampai dengan pembuatan jalur pemasangan pipa penyaluran air buangan, agar dapat diolah pada IPAL. Selain itu perlindungan mutu air penerima limbah dilakukan antara lain dengan menentukan persyaratan aliran air buangan, di sesuaikan dengan baku mutu kualitas air baku yang diijinkan. Yang menjadi dasar suatu masalah dari perencanaan ini adalah :

1. Apakah telah ada suatu jaringan perpipaan air limbah dengan sistem terpusat (*off-site system*), untuk perencanaan debit limbah domestik yang dihasilkan penduduk pada Kecamatan Pasar Kota Jambi, khususnya pada Kelurahan Bringin, Sungai Asam, Orang Kayo Hitam, dan Pasar Jambi ?
2. Berapa debit, dimensi saluran, volume dan penanaman pipa air limbah domestik yang dihasilkan dari proyeksi penduduk rencana untuk tahun proyeksi selama 10 tahun ?
3. Bagaimana membagi wilayah layanan yang akan direncanakan ?
4. Bagaimana memodeling jaringan pipa air limbah domestik dengan sistem terpusat atau (*Off-site System*) dimulai dari pipa lateral, pipa cabang, dan pipa induk untuk menyalurkan ke IPAL, dan kebutuhan bangunan pelengkap yang akan di rencanakan ?
5. Bagaimana penggambaran profil hidrolis pipa lateral, dan induk pada wilayah rencana untuk tiap-tiap blok ?



Gambar 1. Diagram Alir Prosedur Pelengkap Perhitungan Penyaluran Air Buangan Melalui Sistem Perpipaan

2. Metode Penelitian

1. Tahap dalam perencanaan ini diawali dengan observasi lapangan dari luasan wilayah yang akan direncanakan, dan mengidentifikasi masalah sumber air buangan yang ada di Kecamatan Pasar Jambi;
2. Mengumpulkan data-data yang ada, berupa data sekunder jumlah penduduk Kecamatan Pasar Kota Jambi, kemudian pengambilan beberapa peta seperti peta administrasi Kecamatan Pasar Jambi, Peta Kelurahan, dan Peta Topografi;
3. Setelah semua data lengkap dimulai dengan proyeksi penduduk yang dihitung dengan menggunakan *microsoft excell* dengan 3 metode aritmatik, geometrik, eksponensial, kemudian mengkalkulasi data yang ada dengan waktu rencana pemakaian 10 tahun;
4. Setelah dapat metode perhitungan proyeksi kemudian menghitung debit air limbah yang dihasilkan penduduk rata-rata per-hari dari standar bidang terkait air limbah. kemudian perhitungan dimensi saluran yang akan direncanakan, perhitungan volume air limbah yang dihasilkan, perhitungan penanaman pipa, dan profil hidrolis;
5. Pemetaan jaringan pipa menggunakan *Autocad* untuk menggambar jaringan pipa dengan bentuk 2D agar mempermudah dalam pembacaan peta, *autocad* juga mempermudah menggambar ukuran pipa yang akan digunakan luas wilayah rencana dan panjang pipa rencana serta profil hidrolis.

3. Hasil dan Pembahasan

A. Proyeksi Jumlah Penduduk

Periode desain perencanaan ini adalah 10 tahun. Berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Jambi, tahun 2013 sampai 2017, Perhitungan menggunakan metode proyeksi penduduk adalah sebagai berikut :

1. Metode Aritmatik

Berdasarkan data penduduk Kecamatan Pasar Jambi, jumlah penduduk cenderung menurun dari tahun 2013 hingga pada tahun 2017 rata-rata terjadi penurunan sebesar 27,1% penduduk, sehingga perhitungan dengan metode aritmatik didapat standar deviasi dimana nilai S nya sebesar 1,581, dan nilai R nya sebesar 0,82.

2. Metode Geometrik

Hasil analisis metode geometrik, nilai standar deviasi pada metode geometrik untuk nilai S nya sebesar 0,00018, dan nilai R nya sebesar 0,819.

3. Metode Eksponensial

Analisis data dengan metode proyeksi eksponensial untuk penduduk Kecamatan Pasar Kota Jambi dimana standar deviasi didapat untuk nilai S nya sebesar 0,354, dan nilai R nya sebesar 0,818.

Hasil perhitungan data dengan metode proyeksi aritmatika, geometrik, dan eksponensial menunjukkan jumlah penduduk Kecamatan Pasar Jambi mengalami penurunan sekitar 2% pertahunnya. Oleh karena adanya penurunan jumlah penduduk pertahunnya, sehingga semakin kecil jumlah penduduk jika digunakan sebagai rancangan proyeksi selama 10 tahun kedepan. Perencanaan sistem penyaluran air buangan melalui perpipaan untuk ketiga metode proyeksi tersebut tidak digunakan.

B. Proyeksi Fasilitas Umum

Keadaan kondisi wilayah berdasarkan observasi lapangan, Kecamatan Pasar Kota Jambi memiliki kepadatan daerah yang cukup tinggi, sehingga dalam perencanaan ini untuk proyeksi fasilitas umum 10 tahun kedepan dari mulai tahun 2017 sampai 2027 adalah konstan atau tetap tidak terjadi penambahan.

C. Pembagian Wilayah Layanan

Pada perencanaan ini, luas blok layanan di bagi berdasarkan luas masing-masing kelurahan, kemudian dengan membuat perbandingan daerah blok layanan pada tiap-tiap kelurahan. Perbandingan yang direncanakan yaitu 2:3:4. Perencanaan sistem penyaluran air buangan untuk Kecamatan Pasar Jambi, terdiri dari 11 blok layanan.

D. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih dan Air Buangan Permukiman dan Non-Permukiman

Hasil rekapitulasi perhitungan untuk Kecamatan Pasar Kota Jambi saat ini, rata-rata kebutuhan liter/orang/hari sebesar 266,96 l/o/hari. Perhitungan ini didasari dari data jumlah penduduk DUKCAPIL Kota Jambi. Untuk Kelurahan beringin sebesar 124 l/o/h, kelurahan Orang kayo Hitam sebesar 345 l/o/h, kelurahan Sungai Asam 177 l/o/h, dan Kelurahan Pasar sebesar 500 l/o/hari. Kelurahan yang menggunakan air bersih paling sedikit yaitu kelurahan beringin dan yang terbesar Kelurahan Pasar dikarenakan Kelurahan Pasar pusat dari perdagangan yang ada di Kota Jambi.

Kebutuhan air bersih (liter/detik) Kecamatan Beringin sebesar 6,542 l/dtk, Kecamatan Orang Kayo Hitam Sebesar 6,617 l/detik, Sungai Asam 13,1 l/dtk, dan Pasar sebesar 2,803 l/dtk. Kemudian kehilangan air yang direncanakan sebesar 30%, sehingga kebutuhan total untuk semua blok layanan sebesar 20,348 l/dtk.

Total kebutuhan air bersih untuk non-permukiman berdasarkan perhitungan didapat sebesar 21,8406 l/dtk dengan debit kebocoran yang direncanakan sebesar 30%. Total perhitungan debit kebocoran sebesar 6,55217 l/dtk sehingga debit total dari fasilitas non-permukiman didapat sebesar 15,288 l/dtk.

Rasio air buangan dalam perencanaan ini sebesar 75%. Range rasio air buangan sebesar 60%-80% dari pemakaian kebutuhan air bersih (*Waste Water Engineering, 1978*), sehingga debit air buangan yang di hasilkan dalam perencanaan ini sebesar 15,261 l/dtk, untuk air buangan non-permukiman didapat sebesar 11,559 l/dtk, debit air buangan non-pemukiman digunakan untuk menentukan besaran ekivalensi penduduk non-pemukiman per 1.000 jiwa. Total penduduk ekivalensi non-permukiman sebesar 10.303,137 jiwa, dari data tersebut penduduk ekivalensi total daerah permukiman dan non-permukiman didapat hasil dari perhitungan semua blok layanan yang direncanakan sebesar 23.411 jiwa.

E. Perencanaan Dimensi Pipa dan Unit Bangunan

Perencanaan Sistem penyaluran air buangan di Kecamatan Pasar Jambi menggunakan pipa jenis PVC. untuk mengetahui kebutuhan dimensi pipa yang akan digunakan perlunya langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan perbandingan diameter yang dihitung dengan yang ada di pasaran, perhitungan ini meliputi debit air minum yang dihitung perblok layanan (Qam), penentuan debit air buangan (qr ab), debit air limbah rata-rata (Qrata-rata), debit harian maksimum (Qmd), faktor puncak (fp), debit puncak air buangan (Qpeak), debit infiltrasi (Q infiltrasi), debit puncak basah (qpb), debit desain (qd), tinggi pipa (Hp) terdiri dari Tinggi pipa awal (Hp awal) tinggi pipa akhir (Hp akhir), Slope tanah dan pipa, koefisien manning, serta kecepatan aliran

dalam pipa pada saat debit puncak yaitu $0,6 \text{ m/detik} < V_p < 3 \text{ m/detik}$.

1. Contoh Perhitungan, Titik Pipa B1-L1 Menuju Titik Pipa B1-C1

Perhitungan untuk kebutuhan pipa, diperlukannya arah aliran air buangan yang akan dialirkan sampai ke IPAL. Berdasarkan perhitungan dalam perencanaan ini aliran air buangan diusahakan seminimal mungkin untuk menggunakan pompa sehingga arah aliran mengalir secara gravitasi dari elevasi yang tinggi sampai rendah.

Keterangan titik pada pipa B1-L1 yaitu pipa layanan pada Blok 1 berupa pipa lateral 1 dialirkan secara gravitasi menuju pipa dalam blok layanan 1 berupa pipa cabang 1 selanjutnya untuk mengetahui diameter pipa dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut :

Keterangan pengisian kolom tabel adalah sebagai berikut :

- Segmen : B1-L1 (blok 1 pipa lateral 1)
- Menentukan titik awal : B1-L1 (blok 1 pipa lateral 1)
- Menentukan titik akhir : B1-C1 (blok 1 pipa cabang)
- Menentukan blok yang dilayani : Blok 1
- Menentukan panjang pipa yang digunakan oleh jalur tersebut
 $L = 328 \text{ meter}$
- Elevasi muka tanah di awal saluran ($H_t \text{ awal}$) = 25 meter.
- Elevasi muka tanah di akhir saluran ($H_t \text{ akhir}$) = 20 meter
- Menentukan luas blok yang pelayanan = $0,48 \text{ km}^2$.
- Menentukan jumlah penduduk yang dilayani $P = 2.502 \text{ Jiwa}$
- Menghitung jumlah penduduk kumulatif yang dilayani per 1000 jiwa
 $p = 2.502/1000 = 2,502 \text{ jiwa}$
- Menghitung qam (liter / detik / 1000 kapita)
 $qam = 124 \text{ (liter/orang/hari)}/86,4$
 $= 1,4295 \text{ (liter/detik/1000 orang)}$
- Menghitung Qam (liter / hari)
 $Qam = 1,4295 \text{ (liter/detik/1000 org)} \times 2.502 \text{ (ribu jiwa)} =$
 $3,5766 \text{ (liter/hari)}$
- Menghitung qr ab (liter/detik/1000 kapita)
 $qr \text{ ab} = 75 \% \times 3,5766 = 2,6824 \text{ (liter/detik/1000 orang)}$
- Menghitung debit rata-rata air buangan Total (Domestik dan Non Domestik) (Qr) (l/detik)
 $Qr = 2,6824 \text{ (liter/detik/1000 orang)} \times 2,502 \text{ (ribu jiwa)} =$
 $6,711 \text{ (liter/detik)}$
- Menghitung Qr dalam satuan (m^3/detik)
 $Qr = 6,711 \text{ (liter/detik)} = 0,00671 \text{ (m}^3/\text{detik)}$
- Menghitung qmd (liter/detik/1000 kapita)
 $qmd = 1,25 \times 2,6824 \text{ (liter/detik/1000 org)} = 3,353$
 (liter/detik) .
- Menghitung Qmd (liter/detik)
 $Qmd = 3,353 \text{ (liter/detik/1000 jiwa)} \times 2,502 \text{ (ribu jiwa)} =$
 $8,389 \text{ (liter/detik)}$
- Menghitung faktor puncak timbulan air buangan (fp)
 $fp = 5/(2,502)^{0,2} = 4,162$
- Menghitung debit puncak (Qpk) (liter/detik)
 $Qpeak = 4,162 \times 8,389 \text{ (liter/detik)} = 34,917 \text{ (liter/detik)}$
- Menghitung debit infiltrasi (Q inf)
 $Qinf = fr \text{ } Qr + Lkum \text{ } qinf$
 $fr = 0,2 \text{ (untuk daerah Persil)}$,
 $q \text{ inf} = 2 \text{ l/dtk}/1000 \text{ meter}$
(debit Infiltrasi yang umum digunakan MODUTO, 2000)
 $Qinf = 0,2 \times 6,711 \text{ liter / dtk} + 0,328 \text{ km} \times 2 \text{ l/dtk/km}$
 $Qinf = 1,998 \text{ liter/detik}$
- Menghitung debit puncak basah (Qpb) (liter/detik)
 $Qpb = Qpk + Qinf = 34,917 \text{ (l/dtk)} + 1,998 \text{ (l/dtk)}$

- $Q_{pb} = 36,915$ (l/dtk)
- Menghitung debit desain :
 $Q_d = 36,915$ (l/dtk)/1000 = 0,0369 (m³/dtk)
 - Menentukan tinggi pipa awal (Hp awal)
 $= 25 - 0,88 = 24,12$ meter
 - Menentukan tinggi pipa akhir (Hp akhir)
 $= 20 - 0,88 = 19,12$ meter
 - 0,88 yaitu kedalaman galian yang direncanakan
 - Menghitung slope tanah.

$$S_t = \frac{25 - 20}{328} \quad S_t = 0,015$$
 - Menghitung slope pipa
 Bila $S_t > 0$, slope pipa = S_t
 Bila $S_t < 0$, slope pipa diasumsikan
 Pada jalur ini $S_t > 0$, maka $S_t = S_p = 0,015$
 - Menentukan Koefisien Manning 'n' pipa
 Pipa yang digunakan pada jalur ini adalah pipa PVC, dengan koefisien 'n' Manning 0,009.
 - Menghitung diameter teoritis dalam satuan meter

$$D_{teo} = \left[\frac{0,0369 \cdot 0,009}{0,312 \cdot 0,015^{0.5}} \right]^{3/8} = 0,168$$
 meter
 - Menghitung diameter teoretis dalam satuan (mm)
 $D_{teo} = 0,168$ meter x 1000 = 168 mm
 Diameter pipa di pasaran dalam satuan milimeter
 Untuk memenuhi kriteria pengaliran hidrolis dan ukuran pipa ada dipasaran, maka dipilih pipa dengan diameter 200 mm.
 Diameter pipa di pasaran dalam satuan (m)
 $D_{pasaran} = 200 \text{ mm} = 0,2$ meter
 - Menghitung kecepatan aliran saat penuh

$$V_{full} = \frac{1}{0,009} \times (0,2 / 4)^{2/3} \times 0,015^{1/2}$$

 $V_{full} = 1,862$ (meter / detik)
 - Menghitung debit saat saluran pipa terisi penuh dengan air buangan (Q_{full})

$$Q_{full} = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,2^2 \times 1,862 = 0,05846$$
 m³/detik
- Perbandingan antara debit desain dan debit saat aliran penuh (Q_d/Q_f)
- $$\frac{Q_d}{Q_{full}} = \frac{0,0369}{0,05846} = 0,631$$
- Mencari nilai d/D dari data Q_d/Q_f dengan menggunakan nomogram Manning

$$\frac{Q_d}{Q_{full}} = 0,631 \Rightarrow \frac{d}{D} = 0,580$$
 - Mencari nilai V_p/V_f dari data d/D dengan menggunakan nomogram Manning

$$\frac{d}{D} = 0,580 \Rightarrow \frac{V_p}{V_{full}} = 1,054$$
 - Menghitung kecepatan aliran saat debit puncak (V_p) m/detik

$$V_p = \frac{V_p}{V_{full}} \times V_{full} = 1,054 \times 1,862$$
 (meter/detik) = 1,962 (meter/detik)

Ketentuan yang harus terpenuhi adalah $0,6 \text{ m/detik} < V_p < 3 \text{ m/detik}$.

Jika nilai V_p belum sesuai maka slope harus diperbesar.

2. Perhitungan Kedalaman Pipa, Slope, dan Dimensi Pipa

Perencanaan ini menetapkan pipa induk kedalam awal sebesar 1,2 berikutnya untuk penanaman akhir diusahakan tidak melebihi 7 meter, Kebutuhan diameter pipa masing-masing blok layanan, berdasarkan perhitungan dalam perencanaan untuk Kecamatan Pasar terdiri dari 4 wilayah Kelurahan yaitu salah satunya Kelurahan Beringin, terdiri dari pipa lateral di blok 1 sebanyak 1 pipa lateral, pipa lateral blok 2 sebanyak 4 pipa lateral, dan blok 3 sebanyak 2 pipa lateral, dengan panjang total pipa lateral di Kelurahan Beringin 1304,5 m, diameter terkecil sebesar 110 mm dan yang terbesar 250 mm, kemudian untuk pipa cabang, pada blok satu sebanyak 2 pipa cabang, pada blok 2 sebanyak 2 pipa cabang, dan pada blok 3 sebanyak 1 pipa cabang, diameter terkecil dari pipa ini yaitu 200 mm dan yang terbesar 300 mm dan panjang total 940 m.

Kelurahan Orang kayo hitam, pipa lateral pada blok 4 sebanyak 4 pipa, di blok 5 sebanyak 11 pipa lateral, dan untuk blok 6 sebanyak 3 pipa lateral dengan diameter terkecil 90 mm dan yang terbesar 250 mm dan panjang total 1727,7 m. Sedangkan pipa cabang terdiri dari 1 pipa cabang pada blok 4, 2 pipa cabang di blok 5 dan 1 pipa cabang di blok 6 dengan diameter terkecil 200 mm dan terbesar 700 mm, dan panjang total pipa cabang sebesar 1223 m.

Kelurahan Sungai Asam, pipa lateral di blok 7 sebanyak 6 pipa, dengan diameter terbesar 400 mm dan yang terkecil 250 mm, di blok 8 sebanyak 5 pipa lateral diameter terkecil yaitu 200 mm dan yang terbesar 400 mm, dan di blok 9 sebanyak 11 pipa lateral dengan diameter terkecil 200 mm dan yang terbesar 400 mm untuk panjang total 2173,2 m, pipa cabang sebanyak 2 pipa di blok 7, 1 pipa cabang di blok 8 dan 2 pipa cabang di blok 9, dengan diameter terkecil yaitu 315 mm dan yang terbesar 630 mm, untuk panjang total sebesar 2105 m.

Kemudian Kelurahan dengan jumlah rencana pipa lateral yaitu sebanyak 10 pipa di blok 10 dengan diameter terkecil 400 mm dan terbesar 630 mm sedangkan di blok 11 sebanyak 4 pipa lateral dengan diameter terkecil yaitu 250 mm dan yang terbesar 630 mm untuk panjang total sebesar 1373,6 m, sedangkan pipa cabang terdiri dari 1 pipa cabang di blok 10 dan 2 pipa cabang di blok 11, dengan diameter terkecil pipa cabang blok 10 yaitu 500 mm dan terbesar 530 mm dengan panjang total 1533 m.

Pipa induk dalam perencanaan ini memiliki pipa induk sebanyak 10 pipa induk untuk mengalirkan air buangan sampai ke IPAL. Pipa induk 1 dengan diameter 500 mm dan panjang total 184 m, pipa induk 2 dengan diameter 800 dan panjangnya sebesar 691 m, pipa induk 3 sebesar 530 mm, pipa induk 4,5,6,7,8,9,dan 10 dengan panjang masing-masing pipa 150 mm dan diameter 816 mm.

3. Perhitungan Kecepatan Akhir Dimensi Pipa

Hasil perhitungan untuk nilai V_p atau kecepatan akhir saat penuh, pipa lateral blok 1 sebesar 1,9617 m/dtk, blok 2 dengan V_p rata-rata sebesar 2,6050 m/dtk, blok 3 V_p rata-rata sebesar 1,3269 m/dtk, blok 4 V_p rata-rata sebesar 1,7233 m/dtk, blok 5 V_p rata-rata sebesar 1,4354 m/dtk, blok 6 V_p sebesar 0,6070 m/dtk, blok 7 V_p sebesar 1,3794 m/dtk, blok 8 sebesar 1,1039 m/dtk, blok 9 sebesar 1,3727 m/dtk, blok 10

Vp sebesar 2,3927 m/dtk, dan blok 11 sebesar 1,8330 m/dtk, sehingga Vp atau kecepatan akhir pipa lateral sesuai atau memenuhi kriteria pengaliran.

Kecepatan akhir rata-rata perblok untuk pipa cabang, dalam perencanaan ini yaitu blok 1 sebesar 1,7755 m/dtk, blok 2 2,2455 m/dtk, blok 3 0,5189 m/dtk, blok 4 0,5101 m/dtk, blok 5 sebesar 1,9099 m/dtk, blok 6 sebesar 1,2461 m/dtk, blok 7 1,3617 m/dtk, blok 8 1,4675 m/dtk, blok 9 1,5061 m/dtk, blok 10 3,2273 m/dtk, dan blok 11 sebesar 3,3631 m/dtk. Hasil rata-rata kecepatan akhir atau Vp untuk pipa cabang telah memenuhi syarat untuk pengaliran sedangkan pipa induk terdiri dari 10 pipa induk untuk tujuan akhir disalurkan pada IPAL dengan Vp pada pipa induk 1 sebesar 0,9465 m/dtk, dan pipa 2 sampai pipa 10 rata-rata 2,6851 m/dtk sehingga layak untuk pengaliran gravitasi.

4. Perletakan dan Penanaman Pipa

Contoh perhitungan : Titik B1-L1 menuju B1-C1

a) Kedalaman galian hingga bagian puncak pipa awal (B₁) (m).

$$B_1 = 25 \text{ meter} - 24,12 \text{ meter} = 0,88 \text{ meter}$$

b) Kedalaman galian hingga bagian puncak pipa akhir (B₂) (m).

$$B_2 = 20 \text{ meter} - 19,12 \text{ meter} = 0,88 \text{ meter}$$

c) Kedalaman galian di hulu (G₁) (m).

$$G_1 = 0,88 + (0,2 + 0,006) = 1,09 \text{ m}$$

d) Kedalaman galian di hilir (G₂) (m).

$$G_2 = 0,88 + (0,2 + 0,006) = 1,09 \text{ m}$$

e) Perbedaan ketinggian antara galian awal dan galian akhir (dG) (m).

$$dG = 1,09 \text{ meter} - 1,09 \text{ meter} = 0 \text{ m}$$

maka dG = 0, maka S_t = S_p, artinya slope tanah sama dengan slope saluran, kondisi pipa baik.

f) Lebar galian (LG) (m).

$$LG = (1,5 \times 0,2) + 0,3 = 0,6 \text{ m}$$

g) Volume galian (VG) (m³).

$$VG = \frac{(1,09 + 1,09)}{2} \times 0,6 \times 328 = 213,72 \text{ m}^3$$

Kedalaman pipa dalam perencanaan ini meliputi pipa lateral dengan kedalaman galian 0,88 m, sedangkan untuk pipa cabang 1,2 m, dan pipa induk 1,2 m untuk akhir penanaman pipa di sesuaikan dengan kebutuhan slope dengan syarat bila slope tanah lebih besar dari 0 maka slope pipa sama dengan slope tanah, dan apabila slope tanah lebih kecil dari 0 slope pipa dapat di asumsikan sesuai dengan kebutuhannya. Kedalaman akhir diusahakan tidak lebih dari 7 m untuk meminimalisir penggunaan pompa sebagai penggelontoran,

F. Bangunan Pelengkap

1. Clean Out

Perletakan *terminal clean out* ini adalah sebagai berikut

:

- Pada awal atau ujung saluran air buangan;
- Setiap jarak 150 - 200 m pada pipa lurus;
- Bila ada perubahan arah saluran;
- Pertemuan saluran (perempatan, pertigaan).

Bangunan pelengkap ini merupakan pipa dengan ukuran tertentu sesuai dengan diameter saluran yang disambung secara vertikal menggunakan *connection Y* dan *bend*.

2. Manhole

Manhole terdiri dari lima jenis yang digunakan untuk suatu jalur perpipaan air buangan, yaitu :

- Tipe A : diameter = 0,45-1,5 m, dinding persegi empat dari beton, tebal dinding 15 cm, lebar bangunan 1,1 m, tutup berukuran 0,9 x 0,5 m;
- Tipe B : berdiameter 1200 mm, *soffit* = 0,8-2,7 m, dinding bulat tebal dinding 20 cm, diameter *manhole* 0,9 x 0,5 m dari beton cetak, untuk saluran induk, tutup terbuat dari besi tuang;
- Tipe C : berdiameter 1200 mm, *soffit* = 2,7-5 m, dinding bulat tebal dinding 20 cm, dinding setinggi 1,8 m dari *soffit* ke *intermediate slab* *intermediate slab* ukurannya diameter 900 mm, tutup berukuran 0,6 x 0,6 dari besi tulang.
- Tipe D : berdiameter 1200 mm, *soffit* lebih besar dari 5 m, dinding bulat dari beton dengan tebal 20 cm, dinding bagian bawah setinggi 1,8 m, penutup papan setinggi 1,8 m, dinding bagian atas papan dikurangi diameternya menjadi 0,9 m untuk menghemat biaya, tutup berukuran 0,6 x 0,6 m dari besi tuang;
- Tipe E & F : Untuk saluran dengan diameter > 1200 mm, tipe E untuk kedalaman *soffit* lebih kecil atau sama dengan 5 m dan F untuk kedalaman *soffit* lebih besar dari 5 m, dinding bulat berdiameter 2500 mm dengan tebal dinding 30 cm.

3. Pemompaan

Sebagai contoh perhitungan lokasinya terdapat pada jalur pipa dari B4-C1 ke pipa INDUK 2. Perhitungannya sebagai berikut :

a) Debit pompa

Jalur Dari-Ke : B4-C1-INDUK 2

$$Q_{\text{Rata-rata}} = 0,0014 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q_{\text{peak desain}} = \frac{9,621}{1000} = 0,0096 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q_{\text{min}} = 0,0007 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\text{Tinggi}_1 = 7 \text{ m}$$

$$\text{Galian}_1 = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi}_1 = \text{Tinggi}_1 - \text{Galian}_1 = 7 - 1,2 = 5,8 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi}_2 = 14 \text{ m}$$

$$\text{Galian}_2 = 8,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi}_2 = \text{Tinggi}_2 - \text{Galian}_2 = 14 - 8,3 = 5,69 \text{ m}$$

$$V_{\text{maks}} = Q_{\text{peak}} \times 600 = 0,0096 \times 600 = 5,7726 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{min}} = Q_{\text{min}} \times 600 = 0,0007 \times 600 = 0,42 \text{ m}^3$$

b) Sumur pengumpul

$$\text{Panjang} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1,5 \text{ m}$$

$$A_{\text{maks}} = V_{\text{maks}}/\text{lebar} = 5,7726 \text{ m}^3/1,5 \text{ m} = 3,8484 \text{ m}^2$$

$$T_{\text{maks}} = ((2 \times A_{\text{maks}}/V_{\text{maks}}) + (0,5 \times V_{\text{maks}}))/2$$

$$T_{\text{maks}} = ((2 \times 3,8484 \text{ m}^2/5,7726 \text{ m}^3) + (0,5 \times 5,7726 \text{ m}^3))/2 = 2,1098 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = T_{\text{maks}} \times 0,3 = 2,1098 \text{ m} \times 0,3 = 2,40981 \text{ m}$$

$$A_{\text{min}} = V_{\text{min}}/\text{lebar} = 0,42 \text{ m}^3/1,5 \text{ m} = 0,28 \text{ m}^2$$

$$T_{\text{min}} = ((2 \times A_{\text{min}}/V_{\text{min}}) + (0,5 \times V_{\text{min}}))/2$$

$$T_{\text{min}} = ((2 \times 0,28 \text{ m}^2/0,42 \text{ m}^3) + (0,5 \times 0,42 \text{ m}^3))/2 = 0,77167 \text{ m}$$

c) Diameter pompa

$$\text{Teoritis} = (Q_{\text{peak desain}}/(0,2 \times 3,14))^{0,5}$$

$$= (0,0096/(0,2 \times 3,14))^{0,5} = 0,11071 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pasar} = 120 \text{ mm}$$

d) Kecepatan pompa

$$V_{pompa} = Q_{peak\ desain} / ((0,25 \times 3,14) \times ((D_{pasar} / 1000)^{0,2}))$$

$$V_{pompa} = 0,0096 \text{ m}^3/\text{dtk} / ((0,25 \times 3,14) \times ((120 \text{ mm}/1000)^{0,2})) = 0,851115 \text{ m/dtk}$$

e) Tinggi tetap pompa

$$H_{statis} = \text{Tinggi}_1 - (\text{Tinggi}_2 - \text{Tinggi sumur} + \text{Tinggi minimum})$$

$$H_{statis} = 5,8 \text{ m} - (5,69 \text{ m} - 2,40982 \text{ m} + 0,77167 \text{ m}) = 1,75 \text{ m}$$

f) Head loss pipa karena perlengkapan

$$H_{pipa\ lurus} = ((10,666 \times Q_{Peak\ desain}^{1,85}) / (100^{1,85})) \times ((\text{Diameter pompa pasar} / 1000)^{4,85}) \times H_{statis}$$

$$H_{pipa\ lurus} = ((10,666 \times 0,0096 \frac{\text{m}^3}{\text{dtk}})^{1,85} / (100^{1,85})) \times ((120 \text{ mm}/1000)^{4,85}) \times 1,75 \text{ m} = 0,020196 \text{ m}$$

$$H_{belokan} = (0,209 \times (V_{pompa}^2)) / (2 \times 9,8)$$

$$H_{belokan} = (0,209 \times ((0,851115 \text{ m/dtk})^2)) / (2 \times 9,8) = 0,010866 \text{ m}$$

$$H_{keluar} = (V_{pompa}^2) / (2 \times 9,8)$$

$$H_{keluar} = ((0,851115 \text{ m/dtk})^2) / (2 \times 9,8) = 0,036959 \text{ m}$$

$$\text{check valve} = 1,1 \times H_{keluar}$$

$$\text{check valve} = 1,1 \times 0,03696 = 0,0406549 \text{ m}$$

$$H_{total} = H_{statis} + H_{pipa\ lurus} + (2 \times H_{belokan}) + H_{keluar} + (\text{check valve})$$

$$H_{total} = 1,75 \text{ m} + 0,020196 \text{ m} + (2 \times 0,010866 \text{ m}) + 0,036959 \text{ m} + 0,0406549 \text{ m} = 1,8667 \text{ m}$$

4. Siphon

Hasil perhitungan dimensi siphon yaitu sebagai berikut:

Diameter pipa = 500 mm
 $Q_{min\ pipa} = 0,013 \text{ m/dtk}$
 $Q_r = 25,260 \text{ l/dtk} = 0,0253 \text{ l/m}^3$
 $Q_{peak} = 0,115107 \text{ m}^3/\text{dtk}$
 lebar Sungai = 5 m
 Slope pipa = 0,001 m/m
 manning n = 0,009
 $V = 1 \text{ m/s}$
 $Q_{full} = 0,25 \times 3,14 \times ((D\ \text{pipa}/100)^2) \times V$
 $Q_{full} = 0,25 \times 3,14 \times ((500 \text{ mm}/100)^2) \times 1 \text{ m/s} = 0,196 \text{ m}^3/\text{dtk}$
 Slope siphon = 0,005 m/m

a) Diameter pipa siphon 1
 $D\ \text{teori} = (0,013 \text{ m/dtk} / ((0,3115/0,009) \times (0,005^{0,5})))^{3/8}$
 $D\ \text{pasar} = 150 \text{ mm}$
 $V_{cek} = (0,397/0,009) \times (150 \text{ mm}/1000)^{2/3} \times 0,005 \text{ m/m}^{0,5} = 0,9 \text{ m/s}$
 $Q'_{min} = (1/4 \times 3,14 \times (150 \text{ mm}/1000)^2) \times 1 \text{ m/s} = 0,018 \text{ m}^3/\text{dtk}$

b) Diameter pipa siphon 2
 $D2\ \text{teori} = (((0,025 \text{ m}^3/\text{dtk} - 0,013 \text{ m}^3/\text{dtk}) / (0,3115/0,009)) \times (0,005))^{3/8} = 0,139 \text{ m}$
 $V_{cekD2} = 0,397/0,009 \times (150 \text{ mm}/1000)^{2/3} \times (0,005)^{0,5} = 0,9 \text{ m/dtk}$
 $Q'r = (0,018 \text{ m}^3/\text{dtk} + 1/4 \times 3,14 \times (150 \text{ mm}/1000)^2 \times 1 \text{ m/dtk}) = 0,035 \text{ m}^3/\text{dtk}$

c) Diameter pipa siphon 3

$$D3\ \text{Teori} = ((0,196 \text{ m}^3/\text{dtk} - 0,013 \text{ m}^3/\text{dtk} - 0,035 \text{ m}^3/\text{dtk}) / (0,3115/0,009) \times (0,005)^{3/8}) = 0,35 \text{ m}$$

$$V_{cekD3} = 0,397/0,009 \times (350 \text{ mm}/1000)^{2/3} \times (0,005)^{0,5} = 1,5 \text{ m/dtk}$$

$$Q_{max} = (0,3115/0,009) \times (350 \text{ mm}/1000)^{8/3} \times (0,005 \text{ m/m})^{0,5} = 0,149 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q_{total} = 0,013 \text{ m}^3/\text{dtk} + 0,035 \text{ m}^3/\text{dtk} + 0,149 \text{ m}^3/\text{dtk} = 0,20 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$a_1 = (\frac{1}{0,72}) - 1 = 0,39$$

$$b_1 = 1,5 \times (0,019818 + (0,0005078 / (150 \text{ mm}/1000))) = 0,03$$

$$h = 1 \frac{\text{m}^2}{\text{dtk}} / (2 \times 9,8) \times 1 + 0,39 + (0,03 \times (5 \text{ m}/(500 \text{ mm}/1000))) = 0,089 \text{ m}$$

$$a_2 = (1/0,72) - 1 = 0,39$$

$$b_2 = 1,5 \times (0,019818 + (0,0005078 / (150 \text{ mm}/1000))) = 0,03$$

$$h = 0,139^2 / (2 \times 9,8) \times (1 + 0,39 + (0,03 \times (1 \text{ m/s}) / (0,025 \text{ m}^3/\text{dtk} / 1000))) = 1,355 \text{ m}$$

$$a_3 = (1/0,72) - 1 = 0,39$$

$$b_3 = 1,5 \times (0,019818 + (0,0005078 / (0,35/1000))) = 2,21$$

$$h = 0,139^2 / (2 \times 9,8) \times 1 + 0,39 + (2,21 \times (0,139 / (0,001/1000))) = 301,158 \text{ m}$$

d) Inlet

$$\text{lebar} = (500 \text{ mm} + D1\ 150 \text{ mm} + 150 \text{ mm} + 350 \text{ mm} + 50) / 1000 = 1,2 \text{ m}$$

Panjang = 5 m

e) Ambang pelimpah

$$D\ \text{masuk} = 1,03 \times (0,115 \text{ m}^3/\text{s})^{0,4} = 0,43 \text{ m}$$

$$d_{pb} = 0,8 \times 0,43 \text{ m} = 0,35 \text{ m}$$

$$Q_f = 0,115 \text{ (m}^3/\text{s}) / 0,87 = 0,13 \text{ m}$$

$$Q'r / Q_f = 0,035 \text{ (m}^3/\text{s}) / 0,13 \text{ m} = 0,27 \text{ m}^2$$

$$d / D_1 = 0,36$$

$$d_r = 0,36 \times 0,43 \text{ m} = 0,15 \text{ m}$$

$$h_2 = 0,35 \text{ m} - 0,15 \text{ m} = 0,2 \text{ m}$$

$$Q'_{min} / Q_f = 0,018 \text{ (m}^3/\text{dtk}) / 0,013 \text{ m} = 0,13$$

$$d / D_2 = 0,24$$

$$d_{min} = 0,24 \times 0,43 \text{ m} = 0,1 \text{ m}$$

$$h_1 = 0,24 \times 0,1 \text{ m} = 0,0497 \text{ m}$$

$$b_{p3} = (((0,115 \text{ m}^3/\text{dtk} - 0,035 \text{ m}^3/\text{dtk}) / (1,833 \times 0,19 \text{ m}))^{1,67})^{1/0,83} = 0,55 \text{ m}$$

$$b_{p3} = (((0,035/\text{dtk} - 0,018 \text{ m}^3/\text{dtk}) / (1,833 \times 0,0497 \text{ m}))^{1,67})^{1/0,83} = 1,16 \text{ m}$$

$$B_{p\ \text{terpilih}} = 1,20 \text{ m}$$

G. EGL & HGL

Perhitungannya EGL (*Energi Grade Line*) & HGL (*Hydraulic Grade Line*) adalah sebagai berikut :

1. Titik jalur dari B1-L1 Ke B1-C1
2. Tinggi pipa (Hp)
 $H_{pawal} = 24,14 \text{ m}$
 $H_{pakhir} = 19,12 \text{ m}$
3. $V_p = 1,962 \text{ m/s}$
4. $V^2/2.g = V_p^2/2 \times 9,8 \dots \dots \dots (4.21)$
 $V^2/2.g = 1,962 \text{ m/s}^2 / 2 \times 9,8 = 0,196$
5. $EGL = H_{pawal} + V_p + (100000/9810) \dots \dots \dots (4.22)$
 $EGL = 24,14 \text{ m} + 1,962 \text{ m/s} + (100000/9810) = 36,276$

6. $HGL = EGL - V^2/2g \dots \dots \dots (4.23)$
 $HGL = 36,276 - 0,196 = 36,079$

4. Kesimpulan

Perencanaan ini memiliki, jumlah total blok layanan untuk Kecamatan pasar Jambi terdiri dari 11 blok layanan dengan cakupan di 4 Kelurahan, yaitu kelurahan Beringin berjumlah 3 blok layanan, Kecamatan Orang Kayo Hitam 3 blok layanan, Sungai Asam dengan 3 blok layanan, dan Pasar Jambi 2 blok layanan, untuk total kebutuhan pipa didapat jumlah total pipa lateral sebanyak 61 pipa dengan panjang total 6579,2 m, untuk pipa cabang total sebanyak 17 pipa dengan panjang total 5801 m, dan untuk pipa induk terdiri dari 10 pipa induk untuk mengalirkan air buangan menuju IPAL sebanyak 10 pipa induk dengan panjang total 2075, diameter yang ada di pasaran dari terkecil yaitu 90 mm dan yang terbesar 800 mm. Bangunan Pelengkap terdiri dari *clean out* sebanyak 134 *terminal clean out*, *manhole* sebanyak 80, pompa 2 buah, dan siphon atau bangunan perlintasan sebanyak 1 buah, kedalaman galian minimum untuk pipa lateral yaitu 0,88 m dan yang terdalam mengikuti slope tanah atau dengan asumsi dengan syarat apabila slope pipa tanah lebih kecil dari 0, pengaliran akhir dari masing-masing pipa telah memenuhi standar pengaliran yaitu $0,6 \text{ m/dtk} < V_p < 3 \text{ m/dtk}$.

Daftar Pustaka

Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum, 2013. *Materi Bidang Air Limbah I*, Deseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP.

Departemen Pekerjaan umum, 1989. *Pedoman Beton, Badan Penelitian dan Pengembangan PU*, 1989. SKBI.1.4.53.1989. Draft Konsensus., Jakarta: DPU, 1989.

Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Jambi, 2017.

Metcalf and Eddy. 2003. *Waste Water Engineering Treatment*. Amerika: McGraw Hill.

Mara, Duncan, 1976., *Sewage Treatment In Hot Climates*, John Wiley & Sons Chinchester.

Masduki M.H (MODUTO). 2000. *Penyaluran Air Buangan (PAB) Volume II*. ITB. Bandung.

Peramadhita, Adhitia. 2006. *Perencanaan Sistem Penyaluran Air Buangan Domestik Kecamatan Bekasi Timur (Skripsi)*. Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB.

Qasim, SR. 1985. *Wastewater Treatment Plant (Planning, Design, and Operation)*. New York (US): CBS College Publishing.

Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta (ID): UI-Press.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 25 Tahun 2000 *Tentang Program Pembangunan Nasional (Propenas) Tahun 2000-2004*.

UNEP (*United Nations Environment Programme*), *Life Cycle Management: A Business Guide to Sustainability oleh United Nations Environment Programme*, ISBN : 978-92-807-2772-2 DTI/0889/PA, 2007.

duniainformasisemasa324.blogspot.com.

<https://www.academia.edu/20284511/> Pengelolaan air buangan, diakses pada 27 November 2017.

<https://jambikota.bps.go.id/index.php/publikasi>, diakses pada tanggal 1 Desember 2017.

<http://dokumen.tips/documents/perencanaan-bangunan-pengelolaan-air-limbah-setempat.html>, diakses pada tanggal 10/12/2017.

[http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/123018-R010866-Perancangan 20 bangunan Lampiran.pdf](http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/123018-R010866-Perancangan%20bangunan%20Lampiran.pdf) diakses pada tanggal 10/12/2017.

sabrinahelper.wordpress.com diakses pada tanggal 20/10/2014.

wikipedia.com diakses pada tanggal 06/12/2017.