

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| SURAT PERNYATAAN | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| RINGKASAN | iii |
| SUMMARY | iv |
| RIWAYAT HIDUP | v |
| PRAKATA | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan..... | 2 |
| 1.5 Manfaat | 3 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Air Bersih | 4 |
| 2.2 Sumber Air Baku | 4 |
| 2.3 Standar Kualitas Air Bersih..... | 6 |
| 2.3.1 Syarat-syarat Fisika | 7 |
| 2.3.2 Syarat-syarat Kimiawi..... | 8 |
| 2.3.3 Syarat-syarat Mikrobiologis | 9 |
| 2.4 Penelitian Terdahulu..... | 11 |
| 2.5 Analisis Kebutuhan Air Bersih | 13 |
| 2.5.1 Rata-Rata Kebutuhan Air Bersih..... | 13 |
| 2.5.2 Fluktuasi Konsumsi Air Bersih | 14 |
| 2.5.3 Analisa Kehilangan Air | 14 |
| 2.6 Proyeksi Peningkatan Jumlah Civitas Akademik..... | 15 |
| 2.6.1 Rasio Jumlah Dosen dan Jumlah Mahasiswa..... | 15 |
| 2.6.2 Rasio Jumlah Staff dan Jumlah Mahasiswa | 15 |
| 2.7 Instalasi Pengolahan Air Bersih..... | 15 |
| 2.8 Intake..... | 16 |
| 2.8.1 Bagian Penyusun Intake | 16 |
| 2.9 Filtrasi..... | 17 |
| 2.9.1 Media Penyaring..... | 17 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 2.10 | Saringan Pasir Lambat (<i>Slow Sand Filtration</i>)..... | 20 |
| 2.11 | Bagian Saringan Pasir Lambat | 22 |
| 2.12 | Kriteria Desain..... | 22 |
| 2.13 | Mekanisme Kerja <i>Slow Sand Filtration</i> | 25 |
| 2.14 | Desinfeksi..... | 26 |
| 2.15 | Pompa | 26 |
| 2.16 | Reservoar | 27 |
| 2.17 | Sistem Perpipaan Transmisi..... | 28 |
| III. | METODE PENELITIAN | 34 |
| 3.1 | Tempat dan Waktu Penelitian | 34 |
| 3.2 | Skema Penelitian | 35 |
| 3.3 | Prosedur Penelitian..... | 36 |
| 3.4 | Metode Pengumpulan Data | 37 |
| 3.5 | Kapasitas Instalasi Pengolahan Air Bersih | 38 |
| 3.6 | Bagan Alir Instalasi Pengolahan Air Bersih | 38 |
| 3.7 | Persentase Penyisihan..... | 38 |
| 3.8 | Gambar Desain Instalasi Pengolahan Air Bersih | 39 |
| IV. | HASIL DAN PEMBAHASAN | 40 |
| 4.1 | Gambaran Umum Lokasi Perencanaan..... | 40 |
| 4.1.2 | Rekapitulasi Jumlah Civitas Akademik Universitas Jambi..... | 41 |
| 4.2 | Kebutuhan Air Bersih Universitas Jambi..... | 41 |
| 4.2.1 | Kebutuhan Air Gedung Perkuliahan..... | 41 |
| 4.2.2 | Kebutuhan Air Pada Laboratorium..... | 42 |
| 4.2.3 | Kebutuhan Air di Tempat Ibadah | 44 |
| 4.2.4 | Kebutuhan Air di Gedung UPT dan Lembaga Universitas Jambi | 44 |
| 4.2.5 | Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih Universitas Jambi..... | 45 |
| 4.2.6 | Fluktuasi Pemakaian Air Bersih..... | 45 |
| 4.3 | Analisis Kuantitas Air Baku | 46 |
| 4.3.1 | Air baku dari perhitungan curah hujan..... | 46 |
| 4.3.2 | Air Baku Dari Perhitungan Air Permukaan..... | 48 |
| 4.4 | Analisis Kualitas Air Baku | 49 |
| 4.5 | Perencanaan Unit Instalasi Pengolahan Air Bersih..... | 49 |
| 4.5.1 | <i>Intake</i> | 49 |
| 4.6 | Desain Saringan Pasir Lambat | 56 |
| 4.7 | Teknik Operasional Instalasi Saringan Pasir Lambat | 58 |
| 4.7.1 | Sistem Kerja Instalasi Saringan Pasir Lambat | 58 |
| 4.7.2 | Sistem Perawatan Instalasi Pengolahan Saringan Pasir Lambat | 60 |
| 4.8 | Perencanaan Desinfeksi Gas Klor | 61 |

| | | |
|-----------|-----------------------------------|-----------|
| 4.9 | Perencanaan Unit Reservoir | 62 |
| V. | KESIMPULAN DAN SARAN | 64 |
| 5.1 | Kesimpulan | 64 |
| 5.2 | Saran | 64 |
| | LAMPIRAN | 65 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 69 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|---------|
| 1. Baku Mutu Air Bersih untuk Parameter Wajib | 10 |
| 2. Hasil Uji Kualitas Air Sumur | 11 |
| 3. Hasil Uji Kualitas Air Permukaan | 11 |
| 4. Standar kebutuhan air bersih | 14 |
| 5. Pengukuran Kecepatan Saringan Pasir Lambat | 23 |
| 6. Perhitungan Luas Permukaan Bak untuk Debit 1 s/d 5 L/s | 24 |
| 7. Kedalaman Bak Saringan Pasir Lambat | 24 |
| 8. Gradasi Butir Media Kerikil | 25 |
| 9. Alternatif Pengolahan Untuk Penyisihan Parameter yang Melebihi BML..... | 28 |
| 10. Contoh persentase penghapusan untuk menghilangkan kekeruhan dan bakteri koliform | 38 |
| 11. Rekapitulasi jumlah civitas akademik tahun 2022-2031 | 41 |
| 12. Rekapitulasi kebutuhan air bersih gedung perkuliahan | 42 |
| 13. Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih Gedung Perkuliahan..... | 42 |
| 14. Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih Laboratorium | 43 |
| 15. Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih Pada Masjid Dan Mushola | 44 |
| 16. Rekapitulasi kebutuhan air bersih gedung Biro, Lembaga, dan UPT | 44 |
| 17. Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih..... | 45 |
| 18. Data Curah Hujan Periode 2016 - 2021 | 47 |
| 19. Hasil perhitungan kuantitas air baku eksisting..... | 48 |
| 20. Kriteria Desain <i>Bar Screen</i> | 50 |
| 21. Perencanaan Kedalaman Saringan Pasir Lambat..... | 57 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 1. Grafik Analisis Butiran Pasir | 19 |
| 2. Unit <i>Slow Sand Filtration</i> | 22 |
| 3. Peta UNJA Mendalo Kampus Pinang Masak..... | 34 |
| 4. Tahapan Perencanaan Perancangan Instalasi Pengolahan Air Bersih | 35 |
| 5. Bagan Alir Pengolahan Air Bersih..... | 38 |
| 6. Gedung di Universitas Jambi | 40 |
| 7. Kolam Penampungan Air Hujan | 48 |
| 8. Sketsa <i>Bar Screen</i> | 51 |
| 9. Sketsa Perencanaan Filtrasi | 58 |
| 10. Tahapan Proses Pengolahan Air Saringan Pasir Lambat | 59 |
| 11. Skema Sistem kerja Instalasi Saringan Pasir Lambat | 60 |
| 12. Skema Proses <i>Backwash</i> | 61 |
| 13. Sketsa Rencana Unit Reservoir | 63 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|---|---------|
| 1. Dokumentasi survei kebutuhan air pada gedung dan fasilitas eksisting.. | 65 |
| 2. Hasil Pengujian Kualitas Air Baku..... | 66 |
| 3. Gambar Unit Instalasi Pengolahan Air Bersih | 68 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kampus Pinang Masak Universitas Jambi merupakan kampus utama yang memiliki luas wilayah ±100,1 Ha (<https://unja.ac.id>, 2020). Tahun 2020 jumlah civitas akademik Kampus Pinang Masak Universitas Jambi sebanyak 19.836 orang (<https://dss.unja.ac.id>, 2020). Pembangunan infrastruktur sarana dan prasarana terus dilakukan di berbagai bidang keilmuan untuk mendukung proses pembelajaran dan menyetarakan dengan kampus-kampus lain yang telah berkembang di Indonesia. Akan tetapi pembangunan sarana dan prasarana air bersih belum direncanakan pada Rencana Strategis Universitas Jambi 2020-2024.

Berdasarkan Rencana Strategis Universitas Jambi 2020-2024 Universitas Jambi memiliki 8 Fakultas dengan total 91 program studi dari berbagai disiplin keilmuan pada semua jenis program dan strata pendidikan. Dengan seluruh kegiatan yang dilakukan di Kampus Pinang Masak ini tentulah membutuhkan air bersih sehingga segala aktivitas maupun kebutuhan lainnya dapat terpenuhi dengan maksimal.

Penyediaan air bersih di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi secara umum pengelolaannya diatur oleh setiap fakultas. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih, Kampus Pinang Masak Universitas Jambi selama ini memanfaatkan suplai air bersih dari air tanah (sumur) yang dikelola oleh masing-masing fakultas, yaitu berupa unit penyediaan air seperti pompa dan reservoir di setiap gedung, dimana belum terjamin kualitas dan kuantitasnya, terlebih saat musim kemarau.

Rencana pembangunan fasilitas penyediaan air bersih ini merupakan rencana jangka panjang yang dipersiapkan untuk mengatasi permasalahan ketersediaan air bersih yang tidak merata dan rendahnya kualitas air bersih di lingkungan Kampus Pinang Masak Universitas Jambi. Hal ini menjadi alasan yang kuat untuk membangun fasilitas penyediaan air bersih secara mandiri oleh pihak Universitas Jambi.

Sumber air baku pada perancangan ini adalah air tanah dan air permukaan. Sumber air ini terletak di area peternakan Universitas Jambi dan berada di dataran rendah. Hasil pengukuran yang telah dilakukan yaitu meliputi parameter pH dan total koliform menunjukkan bahwa kedua sumber air ini tidak memenuhi standar air bersih yang ditentukan oleh Permenkes No. 2 tahun 2023.

Pengolahan air diperlukan untuk mencapai kualitas air agar dapat digunakan sesuai peruntukannya. Proses pengolahan air haruslah dilakukan dengan efektif, sesuai dengan karakteristik dari air baku yang akan diolah. Salah satu teknik pengolahan air yang cocok untuk memenuhi kebutuhan akan air bersih yang sederhana adalah filtrasi. Metode filtrasi yang direncanakan adalah saringan pasir lambat. Metode penyaringan dengan sistem saringan pasir lambat adalah sistem yang tepat untuk pengolahan air bersih. Sistem ini dipilih dengan pertimbangan efektivitas pengolahan, biaya dan kemudahan pengoperasiannya.

Pada tugas akhir perancangan instalasi pengolahan air bersih di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi ini mengambil fokus utama pada perencanaan kapasitas instalasi pengolahan air bersih, komponen pengolahan air, dan dimensi unit instalasi pengolahan air bersih yang efektif.

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijabarkan diatas, perancangan instalasi pengolahan air bersih di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi ini diharapkan mampu menjadi acuan dalam pelaksanaan pembangunan fasilitas instalasi pengolahan air bersih di lingkungan Universitas Jambi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang permasalahan diatas, maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana desain instalasi pengolahan air bersih menggunakan saringan pasir lambat di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi?
2. Bagaimana cara kerja unit instalasi pengolahan air bersih di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Lingkup wilayah perencanaan adalah kampus pinang masak universitas jambi.
2. Perencanaan jaringan perpipaan khusus pipa utama, yaitu pipa transmisi.
3. Sistem pelayanan air bersih hanya sampai reservoir
4. Struktur bangunan air tidak diperhitungkan.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Merancang instalasi pengolahan air bersih menggunakan sistem saringan pasir lambat di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi.

2. Mengetahui cara operasional unit instalasi pengolahan air bersih di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat tugas akhir ini yaitu sebagai rekomendasi bagi pihak terkait dalam perancangan instalasi pengolahan air bersih di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi serta sebagai referensi dan bahan kajian terhadap penelitian berikutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Bersih

Air adalah sumber daya alam yang dapat diperbaharui dan merupakan sumber energi terpenting bagi kehidupan di dunia ini. Sedangkan air bersih adalah air yang memenuhi standar kelayakan untuk dikonsumsi dan digunakan pada kegiatan sehari-hari.

Ketersediaan air di alam sangat melimpah, tetapi ketersediaan air yang bermutu baik dan biasa dimanfaatkan untuk dikonsumsi dan menunjang aktivitas sehari-hari masih relatif sedikit. Oleh karena itu, dibutuhkan proses pengolahan dan pendistribusian yang efektif dan efisien untuk mendapatkan air yang memenuhi standar kualitas air bersih (Triatmadja, 2019).

Air bisa dikategorikan bersih ditinjau dari tiga indikator fisik yaitu rasa, bau dan warna. Sementara pada air minum, selain tiga indikator fisik tersebut, ada juga indikator kimia dan indikator biologi yang harus dipenuhi. Pada indikator kimia, parameter yang diuji seperti pH, TSS, TDS, klorida, besi, mangan, nitrogen, seng, dll. Sedangkan indikator biologi, parameter yang diuji seperti koliform total dan koliform fekal.

2.2 Sumber Air Baku

Sumber air baku merupakan lokasi air alami dan/atau buatan pada, di atas/bawah permukaan tanah yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air bersih. Sumber air merupakan salah satu komponen utama dari instalasi pengolahan air bersih, karena tanpa sumber air maka instalasi pengolahan air bersih tidak dapat beroperasi (Sutrisno, 2002).

Keberadaan air di alam tidak pernah menetap di satu tempat, air bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain melalui suatu siklus dan pada keadaan tertentu mengalami perubahan bentuk. Kondisi ini sering disebut dengan siklus hidrologi. Dengan mempelajari siklus hidrologi air dapat digolongkan menjadi 3 bagian yaitu, air hujan, air permukaan dan air tanah. Macam-macam sumber air yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber air yang dapat dijadikan air bersih yaitu sebagai berikut :

1. Air permukaan

Air pada sumber permukaan sebagian berasal dari aliran keluar air tanah dan sebagian lagi dari air hujan yang mengalir di atas tanah ke badan penerima air permukaan. Aliran keluar air tanah akan membawa padatan terlarut ke dalam air permukaan; limpasan permukaan merupakan penyumbang utama kekeruhan dan bahan organik, serta organisme patogen. Pada umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama

pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun dan sebagainya. Air permukaan ada 3 macam, yakni: air laut, air sungai dan air rawa/danau.

a. Air Laut

Air laut memiliki kandungan garam-garam yang cukup banyak jenisnya dan salah satu diantaranya adalah garam NaCl (2,7%).

b. Air Sungai dan Air Rawa/Danau

Sumber air permukaan dapat berupa sungai, danau, mata air, waduk, empang, dan air dari saluran irigasi. Kandungan pengotor (impurities) yang terdapat dalam air permukaan sangat bervariasi, bergantung pada lingkungannya. Bahan-bahan seperti pestisida, herbisida, dan limbah industri maupun domestik banyak terkandung pada air permukaan.

2. Air tanah

Air tanah berasal dari air hujan yang meresap melalui tanah dan disimpan dalam akuifer. Selama infiltrasi, air dapat mengambil kotoran seperti partikel tanah anorganik dan organik, puing-puing dari tanaman dan kehidupan hewan, mikroorganisme, pupuk alami atau buatan manusia, pestisida, dll. Umumnya air tanah ditafsirkan sebagai air yang bersumber dari lapisan tanah, baik air yang berada pada lapisan tanah tak jenuh dan/atau lapisan tanah jenuh. Keberadaan air pada lapisan tanah tak jenuh (*soil water*), berfungsi untuk menunjang kehidupan vegetasi di permukaan tanah. Sedangkan keberadaan air di lapisan tanah jenuh (*groundwater*), berperan sebagai cadangan air tanah, yang berpotensi keluar melalui mata air, atau tetap dalam lapisan tanah sebagai air fosil. Ada tiga jenis air tanah, yaitu: air tanah dangkal, air tanah dalam dan mata air.

a. Air tanah dangkal

Terjadi karena meresapnya air dari permukaan tanah. Lumpur, kotoran dan sebagian bakteri akan tertahan oleh lapisan tanah, sehingga air tanah akan jernih tetapi banyak mengandung zat kimia terlarut karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur kimia tertentu.

b. Air tanah dalam

Air tanah dalam memiliki kualitas air yang lebih baik dari pada air tanah dangkal, karena proses penyaring yang lebih kompleks. Sama seperti air tanah dangkal, air tanah dalam juga mengandung zat kimia tergantung pada lapisan tanah yang dilalui. Jika melalui tanah lumpur, maka air itu akan menjadi sadah, jika melalui batuan granit, maka air itu lunak dan agresif (Sutrisno, 2010).

c. Mata air

Mata air adalah air yang mengalir dari dalam tanah ke permukaan secara alamiah. Sifat air ini dalam beberapa keadaan biasanya hampir tidak berpengaruh terhadap perubahan musim dan kualitasnya sama dengan air tanah dalam (Sutrisno, 2010).

3. Air hujan

Air hujan merupakan sumber air yang sangat penting terutama bagi daerah yang tidak memiliki atau memiliki sedikit sumber air tanah maupun air permukaan. Pada awalnya, air hujan merupakan air yang bersih, tetapi karena adanya polutan udara yang berasal dari aktivitas industri, kendaraan bermotor dan lainnya menyebabkan air hujan terkontaminasi. Maka dari itu apabila hendak menjadikan air hujan sebagai sumber air bersih, sebaiknya tidak menampung air hujan pada saat hujan baru turun, karena masih banyak mengandung kontaminan (Sutrisno, 2010).

2.3 Standar Kualitas Air Bersih

Standar kualitas air menurut PP No. 82 Tahun 2001 ada 4 (empat) kelas yaitu:

1. Kelas satu, air yang diperuntukan sebagai air minum, dan/atau kegunaan lain yang mempunyai syarat mutu air yang sama dengan peruntukan tersebut.
2. Kelas dua, air yang dipergunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, peternakan, pembudidayaan ikan air tawar, air untuk mengairi pertanian/pertamanan, dan/atau kegunaan lain yang mempunyai syarat mutu air yang sama dengan peruntukan tersebut.
3. Kelas tiga, air yang dipergunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, air untuk mengairi pertanian/pertamanan, peternakan dan/atau kegunaan lain yang mempunyai syarat air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas empat, air yang dipergunakan untuk mengairi pertanian/pertamanan dan/atau kegunaan lain yang mempunyai syarat mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Dalam Permenkes No. 2 Tahun 2023 Tentang Persyaratan Kualitas Air Bersih, air bersih yang aman untuk digunakan dalam kegiatan sehari-hari yaitu air yang sudah memenuhi persyaratan fisik, kimia, mikrobiologi yang terdapat dalam parameter wajib dan parameter tambahan.

2.3.1 Syarat-syarat Fisika

Secara fisika air bersih harus jernih, tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau dan memiliki suhu air di bawah suhu udara (sejuk $\pm 25^{\circ}\text{C}$) (Sutrisno, 2002:21).

a. Kekeruhan

Kekeruhan adalah efek optik yang disebabkan oleh adanya material tersuspensi di dalam air. Berbagai air limbah seperti limbah peternakan, domestik, industri dan pertanian merupakan sumber kekeruhan di dalam air permukaan. Kekeruhan juga disebabkan oleh adanya bahan-bahan organik dan anorganik yang terlarut di dalam air (*Total suspended solid*). Kandungan *Total suspended solid* di dalam air ini berasal dari penguraian tumbuhan, hewan, bebatuan dan logam. Kekeruhan air dinyatakan dalam satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Kekeruhan pada air merupakan hal yang harus diperhatikan dalam rancangan penyediaan air. Kandungan TSS dalam air bersih tidak boleh lebih dari baku mutu yang telah ditetapkan berdasarkan Permenkes No. 2 Tahun 2023 yaitu <3 NTU.

b. Bau

Bau disebabkan oleh bahan pengotor yang masuk ke dalam air serta adanya proses penguraian senyawa organik oleh bakteri. Penguraian bahan organik ini meningkatkan penggunaan oksigen terlarut dalam air oleh bakteri pengurai (BOD) dan mengurangi kandungan oksigen terlarut di dalam air (DO) dan akhirnya menghasilkan gas-gas berbau.

c. Rasa

Air bersih tidak boleh mempunyai rasa. Air yang berasa menandakan adanya kontaminan yang berpotensi membahayakan kesehatan. Dampaknya berdasarkan penyebab timbulnya rasa tersebut. Contohnya, rasa asam dapat disebabkan oleh asam organik maupun anorganik, sedangkan rasa asin dapat disebabkan oleh garam yang terlarut dalam air.

d. Suhu

Temperatur air akan mempengaruhi penerimaan masyarakat akan air tersebut dan dapat pula mempengaruhi reaksi kimia dalam pengolahannya terutama apabila temperatur sangat tinggi. Temperatur yang diinginkan adalah $\pm 3^{\circ}\text{C}$ suhu udara di sekitarnya yang dapat memberikan rasa segar, tetapi iklim setempat atau jenis dari sumber-sumber air akan mempengaruhi temperatur air. Disamping itu, temperatur pada air mempengaruhi secara langsung toksisitas.

e. Warna

Air bersih sebaiknya tidak memiliki warna dan bening untuk mencegah terjadinya keracunan dari zat kimia maupun mikrobiologi lain yang memiliki warna dan untuk alasan estetika. Warna pada air biasanya disebabkan oleh adanya zat warna yang berasal dari hutan atau tanaman rawa dan tanaman-tanaman air lainnya. Warna pada air permukaan juga disebabkan oleh adanya zat kimia seperti mangan, besi, biota air, humus, plankton, dan limbah industri (Nuradjie dan Sampo, 2021). Warna dalam air bersih tidak boleh lebih dari baku mutu yang telah ditetapkan berdasarkan Permenkes No. 2 Tahun 2023 yaitu 10 TCU.

2.3.2 Syarat-syarat Kimiawi

Air bersih tidak boleh mengandung bahan kimia dalam jumlah diatas baku mutu lingkungan. Bahan kimia yang terlibat adalah bahan yang mempunyai dampak langsung terhadap kesehatan. Beberapa bahan kimia tersebut yaitu:

a. pH

pH adalah aspek yang berpengaruh pada air bersih, nilai pH kurang dari 6,5 (asam) dan lebih dari 8,5 (basa) menyebabkan terjadinya korosi pada pipa distribusi air bersih.

b. Besi

Air yang mengandung besi dalam jumlah besar akan berubah warna menjadi kuning dan menyebabkan air tersebut memiliki rasa logam dan menyebabkan korosi pada peralatan yang terbuat dari logam. Besi merupakan hasil pelapukan batuan induk dan banyak ditemukan di perairan umum. Batas maksimal yang ditentukan oleh Permenkes No. 2 Tahun 2023 ialah 0,2 mg/l.

c. Mangan

Kadar mangan pada perairan alami sekitar 0,2 mg/liter atau kurang. Kadar yang lebih besar dapat terjadi pada air tanah dalam dan pada danau yang dalam. Perairan yang diperuntukkan bagi irigasi pertanian untuk tanah yang bersifat asam sebaiknya memiliki kadar mangan sekitar 0,1 mg/liter, sedangkan untuk tanah yang bersifat netral dan alkalis sekitar 10 mg/liter.

d. Nitrat dan Nitrit

Nitrit terbentuk dari turunan amonia yang dibantu oleh bakteri *Nitrosomonas sp.* Nitrit umumnya tidak bertahan lama dan biasanya bersifat sementara dalam proses oksidasi antara amonia dan nitrat. Kondisi nitrit menggambarkan proses biologis yang sedang berlangsung dalam penguraian

bahan organik dengan kadar oksigen terlarut yang sangat rendah. Kadar nitrit dalam air relatif rendah karena langsung teroksidasi menjadi nitrat.

e. Kesadahan

Kesadahan pada air tanah umumnya disebabkan adanya kandungan unsur Ca dan Mg. Air tanah biasanya mengandung bahan-bahan logam terlarut, seperti Ca, Na, Fe, dan Mg. Apabila kadar logam tersebut dalam jumlah yang besar akan menyebabkan air menjadi sadah.

2.3.3 Syarat-syarat Mikrobiologis

Air yang memenuhi syarat untuk digunakan adalah jika tidak mengandung koliform total. Nilai BOD yang tinggi pada air merupakan indikasi tingginya zat organik yang dapat diuraikan oleh bakteri dalam air.

a. Bakteri

Air bersih sebaiknya tidak mengandung bakteri-bakteri patogen sama sekali seperti bakteri golongan coli yang tidak boleh melebihi baku mutu yang telah ditentukannya yaitu 0 CFU/100 ml air. Bakteri patogen yang mungkin ada dalam air diantaranya: kuman *thypus*, kolera, disentri, *entamoeba hystolytica* dan bakteri enteritis (penyakit perut) (Sutrisno, 2010:23).

b. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Yaitu kandungan oksigen yang diperlukan oleh bahan oksidan seperti kalium dikromat yang berfungsi untuk mengoksidasi zat organik di dalam air.

c. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Yaitu kandungan oksigen terlarut yang diperlukan oleh organisme hidup untuk mengurai zat buangan di dalam air.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut perlu adanya pengawasan dan pengecekan secara berkala yang dilakukan oleh pihak eksternal maupun internal. Berikut adalah baku mutu parameter wajib yang diperbolehkan terkandung dalam air bersih sesuai Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 2 Tahun 2023 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, tersaji dalam **Tabel 1** berikut:

Tabel 1. Baku Mutu Air Bersih untuk Parameter Wajib

| No. | Jenis Parameter | Satuan | Kadar Maks yang diperbolehkan |
|---------------------------|----------------------------|--------------|-------------------------------|
| I MIKROBIOLOGI | | | |
| 1) | E.Coli | CFU / 100 ml | 0 |
| 2) | Total bakteri Koliform | CFU / 100 ml | 0 |
| II FISIKA/PHYSICS | | | |
| 1) | Bau | | Tidak berbau |
| 2) | Rasa | | Tidak berasa |
| 3) | Total zat padat terlarut | mg/L | <300 |
| 4) | Kekeruhan | NTU | <3 |
| 5) | Warna | TCU | 10 |
| 6) | Suhu | °C | ±3 |
| III KIMIA/CHEMICAL | | | |
| 1) | Besi (Fe) | mg/L | 0.20 |
| 2) | Mangan (Mn) | mg/L | 0.10 |
| 3) | pH | | 6.50-8.50 |
| 1) | Total kromium (Cr) | mg/L | 0.01 |
| 2) | Nitrit (NO ²⁻) | mg/L | 3.00 |
| 3) | Nitrat (NO ³⁻) | mg/L | 20.0 |

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023

Air baku yang digunakan dalam perencanaan penyediaan air bersih ini berasal dari dua sumber, yaitu air sumur (air tanah dalam) dan air permukaan yang berada di area Fakultas Peternakan Universitas Jambi. Air baku yang digunakan dalam perencanaan penyediaan air bersih ini sudah diuji kualitasnya. Uji kualitas air baku dilakukan dengan pengambilan sampel air baku sebanyak 1 L dan ditempatkan di jerigen kimia yang masih baru untuk selanjutnya dilakukan pengujian kualitas air berupa pH, TSS, TDS, BOD, COD, coliform total, dll. Berdasarkan hasil pengujian dari semua parameter yang diuji, ada beberapa parameter yang melebihi Baku Mutu Kualitas Air Bersih berdasarkan Permenkes No. 2 Tahun 2023. Berikut merupakan hasil pengujian air baku yang akan digunakan pada perencanaan penyediaan air bersih ini tersaji dalam **Tabel 2** Hasil Uji Kualitas Air Sumur dan **Tabel 3** Hasil Uji Kualitas Air Permukaan.

Tabel 2. Hasil Uji Kualitas Air Sumur

| No | Parameter | Hasil Uji | BML | Satuan | Metode |
|--------------------------|---------------------------------|-------------|-----------|------------|------------------------|
| I FISIKA/PHYSICS | | | | | |
| 1 | Padatan Terlarut Total (TDS) | 136,60 | <300 | mg/L | IKM.JLI-07 (TDS Meter) |
| 2 | Padatan Tersuspensi Total (TSS) | 3,00 | - | mg/L | APHA 2540 D: 2017 |
| 3 | Warna | 1,44 | 10 | TCU | SNI 6989.80:2011 |
| II KIMIA/CHEMICAL | | | | | |
| 1 | pH | 6,30 | 6,5 - 8,5 | - | SNI 6989.11:2019 |
| 2 | Besi Fe | < 0,098 | 0,20 | mg/L | SNI 6989.84:2019 |
| 3 | Mangan Mn | < 0,031 | 0,10 | mg/L | SNI 6989.84:2019 |
| 4 | Oksigen Terlarut (DO) | 4,90 | - | mg/L | SNI 06-6989.14:2004 |
| IV MIKROBIOLOGI | | | | | |
| 1 | E-Coli | 0 | 0 | CFU/100 ml | APHA 9222-B Ed.23:2017 |
| 2 | Koliform Total | 8400 | 0 | CFU/100 ml | APHA 922-B Ed.23:2017 |

Tabel 3. Hasil Uji Kualitas Air Permukaan

| No | Parameter | Hasil Uji | BML | Satuan | Metode |
|--------------------------|---------------------------------|-------------|-----------|------------|------------------------|
| I FISIKA/PHYSICS | | | | | |
| 1 | Padatan Terlarut Total (TDS) | 25,9 | <300 | mg/L | IKM.JLI-07 (TDS Meter) |
| 2 | Padatan Tersuspensi Total (TSS) | 9,83 | - | mg/L | APHA 2540 D: 2017 |
| 3 | Warna | 7,43 | 10 | TCU | SNI 6989.80:2011 |
| II KIMIA/CHEMICAL | | | | | |
| 1 | pH | 5,50 | 6,5 - 8,5 | - | SNI 6989.11:2019 |
| 2 | Besi Fe | < 0,098 | 0,20 | mg/L | SNI 6989.84:2019 |
| 3 | Mangan Mn | < 0,031 | 0,10 | mg/L | SNI 6989.84:2019 |
| 4 | Oksigen Terlarut (DO) | 4,40 | - | mg/L | SNI 06-6989.14:2004 |
| IV MIKROBIOLOGI | | | | | |
| 1 | Koliform Fekal | 4400 | 0 | CFU/100 ml | APHA 9222-B Ed.23:2017 |
| 2 | Koliform Total | 5400 | 0 | CFU/100 ml | APHA 922-B Ed.23:2017 |

2.4 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai analisis peningkatan kualitas air dengan metode filtrasi sudah banyak dilakukan, beberapa referensi yang menjadi acuan pada penulisan skripsi ini diantaranya yaitu:

1. Albert Sonbay (2012) "DESAIN SARINGAN PASIR LAMBAT PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR BERSIH (IPAB) KOLHUA KOTA KUPANG". *Slow sand filtration (SPL)* merupakan teknologi yang digunakan untuk meningkatkan kualitas air. Laju aliran dan kualitas air diperoleh dengan pemodelan menggunakan pipa PVC 6 inch. Debit aliran harus memenuhi SNI.3981.2008

dan mutu air yang disaring harus lebih rendah dari standar Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010. Berdasarkan hasil penelitian debit mata air Kolhwa sebesar $0,0150 \text{ m}^3/\text{s}$, rancangan SPL dengan ketebalan pasir $0,6 \text{ m}$ diperoleh kecepatan sebesar $0,220 \text{ m/jam}$ pada *head* $0,150 \text{ m}$ dan luas bak filtrasi $245,0 \text{ m}^2$ ukuran $11 \text{ m} \times 22 \text{ m}$, pada tebal pasir $0,8 \text{ m}$ diperoleh kecepatan $0,320 \text{ m/jam}$ pada *head* $0,250 \text{ m}$ dan luas bak filtrasi $169,0 \text{ m}^2$ ukuran $10 \text{ m} \times 20 \text{ m}$, serta pada tebal pasir 1 m diperoleh kecepatan $0,330 \text{ m/jam}$ pada *head* $0,300 \text{ m}$ dan luas bak filtrasi $164,0 \text{ m}^2$ ukuran $9 \text{ m} \times 18 \text{ m}$.

2. Frans Yadi Simamora (2012) “PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR BERSIH DENGAN SARINGAN PASIR LAMBAT ‘UP FLOW’ DI KAMPUS UNIVERSITAS PASIR PENGARAIAN KABUPATEN ROKAN HULU PROVINSI RIAU”. Kebutuhan akan air bersih merupakan salah satu faktor pendukung yang tidak dapat diabaikan demi kelancaran aktivitas kampus. Jika air yang digunakan tidak layak digunakan, maka secara langsung akan mempengaruhi aktivitas penunjang lingkungan kampus. Untuk mengolah air baku menjadi air bersih diperlukan teknologi yang efisien, unit instalasi *slow sand filtration* dengan sistem *Up Flow* merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan. Dari hasil penelitian didapatkan kebutuhan harian maks per jiwa per hari adalah $17,030 \text{ m}^3/\text{jam}$, dengan debit air baku pada kolam sebesar adalah $76,65 \text{ m}^3/\text{jam}$, luas permukaan kolam sumber air baku adalah $191,630 \text{ m}^2$, dan luas permukaan bak SPL adalah $63,880 \text{ m}^2$.
3. Freddy Ilfan (2023) “PERENCANAAN JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KAMPUS PINANG MASAK UNIVERSITAS JAMBI”. Universitas Jambi belum memiliki rencana untuk membangun Instalasi Pengolahan Air (IPA) begitu pula dengan jaringan pipa distribusi air bersih untuk menunjang kegiatan dan aktivitas perkuliahan di Kampus Pinang Masak Mendalo. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan air bersih, menganalisis faktor hidrolis pada rencana jaringan pipa distribusi menggunakan program aplikasi EPANET, dan menghitung anggaran biaya yang diperlukan untuk membangun sistem jaringan pipa distribusi di Kampus Pinang Masak Mendalo. Dari hasil perancangan jaringan pipa distribusi ini diperkirakan jumlah civitas akademik dan tenaga pendidik di Universitas Jambi Kampus Pinang Masak Mendalo berjumlah 37.796 orang dan didapatkan kebutuhan air bersih di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi yakni sebanyak 665.910 liter/hari atau $18,49$ liter/detik pada tahun desain 2031.

4. Yuyun Widiasmoro (2017) “PERANCANGAN UNIT PENGOLAHAN AIR BERSIH DI UMY”. Penelitian ini mengulas tentang kajian kualitas air di Unires Putri UMY berdasarkan parameter kimia, fisik, biologi dan analisis metode instalasi pengolahan air yang akan direncanakan. Metode instalasi pengolahan air yang digunakan adalah metode saringan pasir lambat. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil uji lab yang dilakukan dengan sampel air di UNIRES Putri UMY sebagian besar memenuhi standar Permenkes No. 492 Tahun 2010 seperti parameter seperti Besi, TDS, dan Kesadahan, tetapi hasil uji parameter Mangan (Mn) sebesar 0,6075 mg/l yang melebihi baku mutu sebesar yaitu 0,4 mg/l dan kekeruhan sebesar 6 NTU melebihi baku mutu yaitu 5 NTU. Media filter yang paling efektif untuk menurunkan parameter yang melebihi baku mutu adalah menggunakan media Zeolit dengan efektivitas penurunan Fe 94,94%, Mn 86,27%, Kesadahan 86,03%, TDS 45,15% dan Kekeruhan 21,41%. Dimensi saringan pasir lambat yang direncanakan yaitu panjang 3,91 m, lebar 2 m dan tinggi 2,4 m.

2.5 Analisis Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih adalah jumlah air bersih yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat pada suatu daerah atau wilayah tertentu. Kebutuhan air bersih dapat dihitung dari perkiraan kebutuhan air untuk berbagai keperluan. Kebutuhan air bersih pada sarana pendidikan meliputi kebutuhan non-domestik seperti laboratorium, gedung perkuliahan, kantor, tempat ibadah, perkebunan, peternakan, hingga rumah sakit (Tampubolon, 2020).

Saat menganalisis kebutuhan air bersih, dapat diprediksi bahwa kebutuhan air bersih akan mengalami peningkatan selama 10 tahun ke depan. Sehingga untuk memprediksi dan memenuhi kebutuhan kebutuhan air tahunan perkapita adalah :

$$Q_{rh} = P \times q \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

Q_{rh} : Kebutuhan Air Perhari (liter/hari).

P : Jumlah Civitas Akademika (Jiwa).

q : Kebutuhan Air Civitas Akademika (liter/hari).

2.5.1 Rata-Rata Kebutuhan Air Bersih

Rata-rata kebutuhan air bersih adalah jumlah air yang dibutuhkan oleh individu per satuan waktu, umumnya dinyatakan dalam liter/orang/hari. Menurut standar baku perencanaan Pekerjaan Umum, konsumsi air bersih

untuk gedung pendidikan adalah 10 L/org/hri (Dirjen Cipta Karya, 1996). Sedangkan untuk standar kebutuhan air untuk keperluan lainnya dapat dilihat pada **Tabel 4** berikut:

Tabel 4. Standar kebutuhan air bersih

| No. | Jenis Fasilitas | Standar Pemakaian Air |
|------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| 1. | Gedung Perkuliahan ¹⁾ | 10 liter/civitas/hari |
| 2. | Laboratorium ¹⁾ | 1.000 – 1.800 liter/unit/hari |
| 3. | Tempat ibadah ²⁾ | 20 liter/orang/waktu sholat/hari |
| 4. | Rumah susun atau asrama ¹⁾ | 120 liter/orang/hari |
| 5. | Perkantoran ¹⁾ | 10 liter/pegawai/hari |

Sumber: 1) *Kriteria Perencanaan Direktorat Jenderal Cipta Karya, 1996*

2) *Metcalf dan Eddy, 1991*

2.5.2 Fluktuasi Konsumsi Air Bersih

Fluktuasi konsumsi air merupakan ketidakseimbangan penggunaan air oleh pengguna di suatu daerah, dimana kondisi penggunaan air akan mencapai maksimum pada suatu waktu dan begitu pula sebaliknya, dimana kondisi tersebut bergantung pada jenis kegiatan atau aktivitas dari masyarakat (Hadisoebroto dkk, 2007).

Kebutuhan air pada setiap gedung tidaklah sama untuk setiap waktu. Pemakaian air yang beragam akan menyebabkan ketidakseimbangan penggunaan air bersih yang berbeda di setiap gedung (Tampubolon, 2020). Fluktuasi konsumsi air tersebut berhubungan dengan aktivitas penggunaan air selama penggunaan dan juga terkait dengan keseharian pengguna.

Menurut Dirjen Cipta Karya Pekerjaan Umum (2007) fluktuasi konsumsi air selama periode tertentu dapat dibedakan menjadi:

- a. Rata-Rata Kebutuhan Harian adalah rata-rata jumlah air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik dan non domestik dalam sehari.
- b. Kebutuhan Hari Maksimum adalah kebutuhan air terbesar dalam kurun waktu setahun. Faktor harian maksimum biasanya berada dalam rentan antara 1,1 – 1,3.
- c. Kebutuhan Jam Puncak adalah kebutuhan air maksimum per jam dalam satu hari. Besarnya faktor jam puncak diperoleh dengan membandingkan permintaan jam puncak dengan permintaan rata-rata harian. Menurut Permen PU No. 18 Tahun 2007 tentang Pelaksanaan Pembangunan Instalasi pengolahan Air Bersih, faktor jam puncak umumnya berkisar antara 1,15 – 3.

2.5.3 Analisa Kehilangan Air

Analisa kehilangan air dapat diketahui besarnya dengan asumsi sebesar 20% dari jumlah rata-rata kebutuhan air. Analisa kehilangan air ini dilakukan

karena adanya kemungkinan sambungan pipa yang bocor, pipa yang rusak, pencucian pipa, pelimpahan air di menara air, kerusakan *water meter*, dll.

$$Lo = 20\% \times Pr \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

Lo : Kehilangan air,

Pr : Produksi air

2.6 Proyeksi Peningkatan Jumlah Civitas Akademik

Proyeksi peningkatan jumlah civitas akademik merupakan perkiraan peningkatan jumlah civitas akademik di tahun mendatang. Di sebuah Universitas, jika ada perencanaan untuk menambah jumlah civitas akademik setiap tahun, maka jumlah civitas akademik pada tahun perencanaan dapat dihitung. Di bawah ini adalah persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung jumlah civitas akademik untuk tahun yang akan datang.

2.6.1 Rasio Jumlah Dosen dan Jumlah Mahasiswa

Rasio jumlah dosen terhadap mahasiswa adalah perbandingan jumlah dosen yang mengajar terhadap mahasiswa aktif kuliah. Rasio jumlah dosen dan jumlah mahasiswa yang ideal adalah 1:20 untuk Ilmu Eksakta dan 1:30 untuk Ilmu Sosial (PP No. 4 Tahun 2014).

2.6.2 Rasio Jumlah Staff dan Jumlah Mahasiswa

Rasio jumlah Staff dan mahasiswa adalah perbandingan jumlah tenaga pendidik (tendik) yang bekerja terhadap mahasiswa aktif kuliah. Jumlah staff di perguruan tinggi dapat ditentukan dengan mencari rasio ideal antara jumlah staff dan mahasiswa, nilai perbandingannya adalah 1:40 (Nurul, 2015).

2.7 Instalasi Pengolahan Air Bersih

Air baku yang bersumber dari air permukaan, air hujan dan air tanah memiliki tingkat kekeruhan yang dapat berubah-ubah dan dapat terkontaminasi oleh zat kimia dan mikroorganisme patogen. Maka dari itu perlu adanya instalasi pengolahan untuk mengurangi kekeruhan, kontaminan kimia dan mikroorganisme tersebut sehingga sesuai dengan baku mutu lingkungan.

Perencanaan teknis yang dilakukan untuk mengembangkan sistem pengolahan air bersih pada unit produksi dirancang berdasarkan kajian kualitas air baku yang akan diolah, dimana kondisi rata-rata dan terburuk dijadikan acuan dalam penetapan proses pengolahan air yang ditujukan pada standar kualitas air bersih yang akan dicapai. Rangkaian proses pengolahan air umumnya terdiri dari unit operasi dan unit proses untuk memisahkan material pencemar dan desinfeksi.

Pengolahan air secara lengkap umumnya meliputi proses: prasedimentasi, sedimentasi, koagulasi-flokulasi, filtrasi dan desinfeksi. Sedangkan pengolahan air sebagian hanya meliputi beberapa tahap dari pengolahan lengkap, meliputi filtrasi dan desinfeksi.

2.8 Intake

Pada pengolahan air bersih, bangunan *intake* memiliki fungsi untuk menyadap air baku yang akan diolah pada unit pengolahan air. *Intake* direncanakan memiliki kapasitas sesuai dengan kebutuhan air harian maksimum. Bangunan *intake* harus terletak di lokasi yang mudah diakses, *intake* didesain untuk memenuhi kuantitas dan kualitas tertentu dari sumber air baku yang ada (Kawamura, 1991). Desain perencanaan *intake* menurut Al-layla (1980) adalah:

1. Pipa sadap direncanakan wajib memenuhi kebutuhan air maksimum.
2. Kecepatan pipa sadap 0,60 s/d 2,50 m/s
3. Dasar *intake well* 1 m dibawah dasar sungai atau 1,50 m di bawah muka air terendah
4. Kecepatan pipa hisap 1,0 s/d 2,50 m/s

2.8.1 Bagian Penyusun Intake

Bangunan *intake* pada umumnya memiliki bagian-bagian sebagai berikut:

1. Lubang *strainer*. Kecepatan aliran pada lubang *strainer* 0,150 s/d 0,30 m/s. Sebaiknya kecepatan didesain mendekati nilai terkecil untuk meminimalisir masuknya kotoran. *Bell mouth strainer* memiliki diameter berkisar antara 6 – 12 mm, dan luas total permukaan strainer sama dengan dua kali luas efektif (luas total dari lubang-lubang).
2. Pipa gravitasi air baku. Berfungsi untuk mencegah terjadinya erosi dan sedimentasi, memiliki kecepatan aliran antara 0,60 – 1,50 m/s dan dimensi pipa disesuaikan agar pada LWL kecepataannya >0,6 m/s dan pada HWL kecepataannya <1,5 m/s. Diameter pipa dapat diketahui apabila telah mengetahui *head* dan kecepataannya.
3. Sumur pengumpul. Berfungsi untuk memudahkan pemeliharaan bangunan *intake* dan disarankan memiliki minimal dua bak. Memiliki waktu tinggal minimal 20 menit atau sumur pengumpul berdimensi besar untuk menjaga kebersihan air. Kedalaman sumur pengumpul sebaiknya 1 m dibawah dasar sungai atau 1,5 m di bawah muka air rendah dengan ketinggian *foot valve* <0,60 m dari dasar sumur. Sumur pengumpul sebaiknya kedap air dan terbuat dari beton dan memiliki tebal dinding <20 cm.

4. Pipa hisap (pemompaan). Kecepatan aliran pada pipa disarankan berada di rentang 1 - 1,5 m/s. Beda tinggi antara muka air minimum dengan pompa sebaiknya $\leq 3,7$ m. Jika permukaan pompa lebih tinggi dari LWL, maka jarak pipa hisap sebaiknya < 4 m.
5. Pipa *backwashing*. Kecepatan pipa sebaiknya ≤ 3 m/s. Air yang digunakan adalah air yang telah diolah. Banyaknya air yang digunakan untuk *backwash* sebaiknya $1/3$ dari aliran dalam pipa hisap.

2.9 Filtrasi

Prinsip utama dari pengolahan air menggunakan filter adalah untuk memisahkan koloid maupun padatan pada air. Air yang didalamnya memuat padatan melewati suatu media filter yang mempunyai ukuran pori tertentu. Sistem operasi filtrasi bergantung pada ukuran partikel dan ketebalan media filter. Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi filtrasi adalah sbb:

1. Ketebalan filter

Semakin tebal lapisan filter, semakin luas bidang untuk memerangkap partikel pengotor dan semakin jauh jarak dan waktu yang dilalui air.

2. Ukuran filter

Ukuran filter sangat mempengaruhi jalannya retensi zat-zat di dalam air.

3. Kecepatan filtrasi

Kecepatan filtrasi mempengaruhi waktu operasi penyaringan, sehingga untuk memperpanjang durasi operasi penyaringan maka diberikan tekanan pada permukaan lapisan media penyaring dengan menaikkan ketinggian air diatas lapisan media penyaring.

4. Suhu

Suhu juga mempengaruhi media penyaring, yaitu suhu berpengaruh pada aktivitas bakteri yang terbentuk pada lapisan media penyaring serta metabolisme lainnya.

5. Waktu kontak

Durasi kontak merupakan suatu hal yang berpengaruh pada proses filtrasi. Waktu kontak berhubungan dengan ketebalan media penyaring, semakin tebal media saring, maka semakin lama durasi kontak yang terjadi.

2.9.1 Media Penyaring

Salah satu bagian penting pada alat penyaring air ini adalah media penyaring air tersebut. Saat ini terdapat beberapa jenis media penyaring air yang banyak digunakan, diantaranya yaitu:

1. Kerikil

Bertindak sebagai material penyangga pada proses penyaringan, agar material pasir tidak terbawa aliran, sehingga penyumbatan dapat dihindari. Diameter kerikil yang digunakan biasanya 1 s/d 2,5 cm. Batu kerikil bentuknya tidak beraturan namun ukurannya dapat disamakan melalui proses pengayakan. Di Indonesia penentuan diameter kerikil sesuai dengan ukuran ayakan yaitu dari 5, 10, 15, 20, 25 dan 40 mm.

2. Karbon Aktif

Karbon aktif berasal dari batok kelapa yang dibakar menjadi arang. Karbon aktif mempunyai fungsi untuk menyerap bau, menghilangkan warna kuning dan bahan yang berbahaya pada air.

3. Pasir Aktif

Pasir aktif berfungsi sebagai pengikat unsur besi (Fe), mangan (Mn), dan sulfida dalam air. Pasir aktif berbentuk padat dan mampu menahan tekanan air yang dikeluarkan oleh pompa. Hidrogen Sulfida (H_2S) merupakan salah satu penyebab timbulnya bau tidak sedap dalam air, yang dapat diatasi menggunakan pasir aktif. Pasir aktif mengkatalisis ketiga zat tersebut menjadi senyawa yang tidak larut dalam air, memungkinkan ketiga polutan tersebut mengkristal dan keluar dari air, setidaknya akan mengurangi konsentrasi dalam air yang melewati pasir aktif. Menurut Tjokrokusumo (1998), dalam pengolahan air baku tidak perlu dilakukan proses koagulasi, air baku bisa langsung disaring dengan media saringan apapun termasuk pasir kasar. Karena saringan kasar mampu menahan material tersuspensi dengan penetrasi partikel yang cukup dalam, maka saringan kasar mampu menampung lumpur dalam jumlah besar. Karakteristik filtrasi dinyatakan dengan laju aliran filtrasi. Setiap jenis dipilih berdasarkan pertimbangan teknis dan ekonomis sebagai tujuan utama menghasilkan filtrat berkualitas tinggi dan murah. Berikut persyaratan teknis pasir sebagai media penyaring menurut standar SNI 3981-2008 tentang Saringan Pasir Lambat :

a. Massa Jenis Pasir

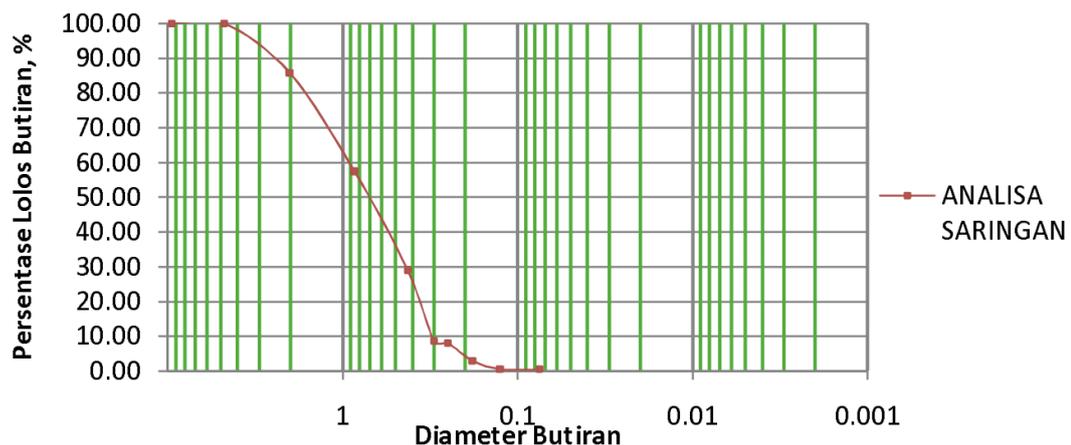
Massa jenis pasir permukaan jenuh air merupakan perbandingan antara berat agregat kering pada permukaan jenuh dengan berat air yang komposisinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Berdasarkan SNI 3981 Tahun 2008, berat jenis pasir sebagai media penyaring adalah $2,55 \text{ gr/cm}^3 - 2,65 \text{ gr/cm}^3$.

b. Analisis Butiran Pasir

Analisis butiran pasir merupakan penentuan persentase berat partikel agregat yang melewati serangkaian saringan kemudian diplot pada grafik

distribusi partikel. Dilakukan analisis ukuran partikel dengan ayakan untuk memilih media filter yang akan digunakan. Hasil ayakan media penyaring diplot terhadap kurva distribusi kumulatif untuk mencari ukuran efektif (*effective size*) dan keseragaman media yang diinginkan (*uniformity coefficient*). Ukuran efektif (ES) media filter adalah ukuran media filter yang dianggap paling efektif dalam menyaring kotoran yang besarnya 10 % dari total kedalaman lapisan media filter, ini sering dinyatakan sebagai P_{10} (diameter pada persentil 10). Koefisien keseragaman (UC) adalah indeks keseragaman media penyaring yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat atau P_{60} terhadap ukuran efektif.

Proses awal yang dilakukan untuk mendapatkan nilai ES dan UC yang sesuai dengan SNI 03-3981-2008 adalah dengan pengayakan media pasir. Pasir diayak melalui ayakan No. 3/8, 4, 10, 20, 40, 50, 60, 70, 120, 200 (Sonbay, 2012). Seperti terlihat pada **Gambar 1** dibawah ini.



Gambar 1. Grafik Analisis Butiran Pasir
 Sumber: Sonbay, 2012

Dari **Gambar 1** diatas dapat diketahui nilai P_{10} dan P_{60} untuk mendapatkan nilai ES dan CU.

$$P_{10} = 0,30 \text{ mm}$$

$$P_{60} = 0,90 \text{ mm}$$

$$ES = P_{10} = 0,30 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$UC = \frac{P_{60}}{P_{10}}$$

$$UC = \frac{0,90 \text{ mm}}{0,30 \text{ mm}}$$

$$UC = 3 \text{ (memenuhi)}$$

2.10 Saringan Pasir Lambat (*Slow Sand Filtration*)

Penyaringan atau filtrasi merupakan teknologi mendasar dalam pengolahan air, filtrasi merupakan proses penyaringan kontaminan yang terkandung didalam air. Air yang mengandung kontaminan ini akan melewati media berpori yang akan menjerap dan memisahkan kontaminan di dalam air yang berupa suspensi dan koloid. Selain itu filtrasi juga dapat meminimalisir kandungan mangan, besi, bakteri, rasa dan bau.

Slow sand filtration adalah proses pengolahan air yang murah, efektif dan sederhana (Garibaldi et al., 2003). Proses pengolahan air ini dikatakan efektif karena hanya menggunakan satu jenis pengolahan mampu menghasilkan kualitas air yang baik. Pada *slow sand filtration* terjadi penurunan tingkat kekeruhan air sampai pada nilai yang dapat ditoleransi sesuai dengan baku mutu lingkungan yang digunakan. *Slow sand filtration* juga dapat menurunkan konsentrasi bakteri dan derajat warna yang cukup tinggi serta menurunkan kadar zat organik dan besi pada air baku. Proses pengolahan air ini terbilang murah karena sistem operasionalnya sedikit memerlukan energi dan bahan kimia, serta pembangunannya tidak memerlukan biaya besar. Sederhana karena sistem operasinya tidak memerlukan tenaga khusus yang terdidik dan terampil (Kusumawardani, 2014).

Proses filtrasi merupakan campuran antara proses fisik (filtrasi, sedimentasi dan adsorpsi), proses biokimia dan proses biologis. Pada *slow sand filtration* ini proses pengolahan yang utama adalah penyaringan dengan media pasir pada kecepatan penyaringan 5 -10 m³/m²/hari. Sistem *slow sand filtration* merupakan teknologi pengolahan air yang sangat efisien dan sederhana dengan hasil air bersih berkualitas baik.

Slow sand filtration adalah bak filtrasi yang menggunakan pasir dengan ukuran tertentu sebagai media penyaringannya. Pasir yang digunakan mempunyai ukuran butiran yang sangat halus dan mengandung kuarsa yang tinggi. Proses filtrasi terjadi sangat lambat dan serentak di seluruh media dan berlangsung secara gravitasi.

Butiran pasir yang sangat halus akan membentuk susunan pori-pori antara butiran pasir lainnya. Ukuran pori-pori yang sangat kecil ini tidak mampu menampung partikel koloid dan bakteri yang ada dalam air baku secara keseluruhan. Namun, dengan aliran yang berliku dan ketebalan pasir yang dilewati artinya banyak pori-pori serta permukaan filter yang dilalui, gradien kecepatan yang terjadi memberikan peluang kontaminan untuk saling bersentuhan dan membentuk tumpukan yang lebih besar serta dapat menahan kontaminan ke saturasi tertentu, dan menghasilkan filtrat yang memenuhi

persyaratan kualitas air bersih. Untuk menghilangkan rasa dan bau pada air perlu adanya penambahan karbon aktif dan untuk menghilangkan bakteri yang tersisa harus dilakukan penambahan desinfektan seperti kaporit.

Media pasir yang pertama kali diaplikasikan pada bak saringan memerlukan masa operasi penyaringan awal secara normal dan terus menerus. Tujuan operasi awal adalah untuk mematangkan media pasir dan membentuk lapisan kulit saringan (*schmutzdecke*), yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses biologi dan proses biokimia. Selama proses ini, kualitas air hasil olahan biasanya belum memenuhi persyaratan air minum (Utomo dkk, 2012).

Sejalan dengan proses penyaringan, kontaminan dalam air baku akan menumpuk di atas permukaan media filter. Setelah mencapai titik jenuh dalam periode waktu tertentu, tumpukan tersebut akan menghambat proses penyaringan dan air tidak dapat merembes melewati media pasir. Hal ini menyebabkan debit efluen menjadi kecil dan air di bak filtrasi mengalir melalui saluran luapan. Kondisi ini menandakan bahwa media filter tersumbat (*clogging*). Untuk memperbaiki filter yang tersumbat, media pasir harus dicuci kembali (*backwash*). Setelah proses *backwash* dilakukan, saringan pasir lambat akan berfungsi secara normal kembali dalam kurun waktu kurang lebih dua hari (Quddus, 2014).

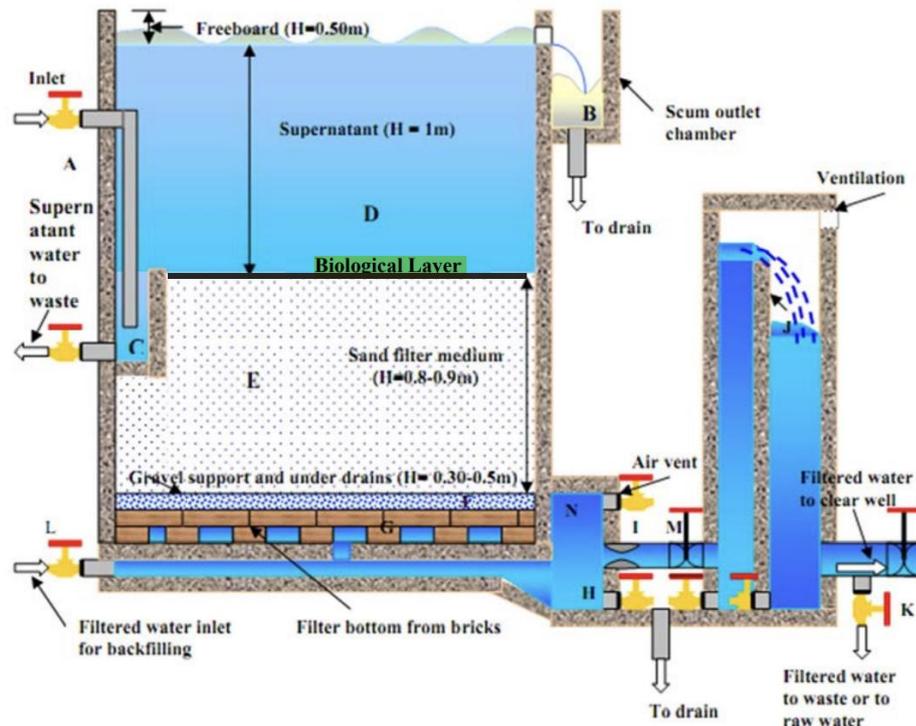
Jenis saringan pasir lambat dibagi menjadi dua macam, yaitu saringan pasir lambat *down flow*, merupakan sistem saringan pasir lambat yang umum digunakan dengan sistem penyaringan dari atas ke bawah mengikuti gravitasi, dengan proses *backwash* dilakukan secara manual yaitu dengan menggerus lapisan lumpur pada permukaan filter kemudian dicuci dengan air bersih. Jenis saringan pasir lambat yang kedua yaitu, saringan pasir lambat *up flow* yang merupakan kebalikan dari sistem saringan pasir lambat *downflow*. Sistem ini menerapkan sistem penyaringan dari bawah ke atas atau melawan gravitasi, dengan proses *backwash* yang lebih mudah dibanding dengan sistem *down flow*. Pada saat filter telah mencapai titik jenuh, dapat dilakukan proses *backwash* dengan hanya membuka kran penguras untuk mengeluarkan tumpukan kontaminan kemudian air bersih yang ada di atas lapisan filter akan otomatis mencuci media filter. Dengan begitu proses *backwash* pada saringan pasir lambat *up flow* ini tidak perlu dilakukan pengerukan ataupun mengeluarkan media filter dari instalasi dan dapat dilakukan kapan saja.

2.11 Bagian Saringan Pasir Lambat

Menurut Kusumawardani (2014) *slow sand filtration* tersusun atas empat (4) bagian, yaitu:

1. Bak penampung sementara, berfungsi untuk menjaga tekanan air yang akan melalui media penyaring.
2. Media filter, merupakan tempat terjadinya proses penyaringan utama atau penjernihan.
3. Saluran pengumpul bawah, sebagai penyokong kerja media filter dalam mengatasi air yang mungkin mengalir dibawah media filter.
4. Sistem katup kontrol, berfungsi untuk mengatur kecepatan aliran yang akan melalui media filter.

Gambar 2 dibawah ini merupakan sketsa bagian penyusun *slow sand filtration* yang diambil dari WHO.



Gambar 2. Unit *Slow Sand Filtration*
Sumber: *Water and Environmental Sanitation Section, 2009*

2.12 Kriteria Desain

Saringan pasir lambat (SPL) dirancang memiliki lapisan pasir setebal ± 1 m dan ketinggian air di atasnya ± 1 m. SPL umumnya menggunakan media filter pasir yang memiliki ukuran efektif (ES) 0,15 mm s/d 0,35 mm. Koefisien keseragaman (UC) (d_{60}/d_{10}) harus kurang dari 2. Menurut Nakhla dan Farooq

(2003), kedalaman media filter berkisar antara 0,3 m s/d 1,5 m berfungsi menjaga kualitas penyaringan dan menghindari *headloss* yang berlebih.

Ukuran efektif pasir yang digunakan pada SPL akan mempengaruhi fungsinya sebagai media filter dan media penyerap polutan organik pada air baku. Teknologi SPL dilihat dari arah alirannya dibedakan menjadi tiga macam, yaitu aliran dari atas ke bawah (*down flow*), aliran dari bawah ke atas (*up flow*) dan kombinasi keduanya (Said dan Herlambang, 1997).

Kecepatan penyaringan pada SPL memiliki rata-rata berkisar antara 0,1 s/d 0,3 m/jam (Galvis et al., 1998). Sedangkan menurut Campos et al., (2002), SPL akan bekerja efektif pada kecepatan 0,1 s/d 0,3 m/jam dan ukuran butiran pasir 0,1 s/d 0,3 mm, namun hal ini dipengaruhi oleh *schmutzdecke* yang terbentuk. Hasil uji kecepatan penyaringan pada variasi ketebalan media filter berbeda-beda. Berdasarkan hasil penelitian Sonbay (2012) hasil pengujian laju aliran pada SPL dengan ketebalan 0,60, 0,80, dan 1,0 m dengan tiga kali pengulangan seperti pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Pengukuran Kecepatan Saringan Pasir Lambat

| Ketebalan Pasir (m) | Volume air (ml) | Head (m) | Waktu (detik) | Kecepatan (m/jam) | Kecepatan rata-rata (m/jam) |
|----------------------------|------------------------|-----------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 0,6 | 350 | 0,15 | 494,82 | 0,13 | |
| 0,6 | 350 | 0,15 | 274,68 | 0,23 | 0,22 |
| 0,6 | 350 | 0,15 | 221,85 | 0,29 | |
| 0,8 | 350 | 0,25 | 215,54 | 0,29 | |
| 0,8 | 350 | 0,25 | 198,32 | 0,32 | 0,32 |
| 0,8 | 350 | 0,25 | 182,35 | 0,35 | |
| 1 | 350 | 0,3 | 205,14 | 0,31 | |
| 1 | 350 | 0,3 | 188,25 | 0,34 | 0,33 |
| 1 | 350 | 0,3 | 179,32 | 0,35 | |

Sumber: Sonbay, 2012

Perencanaan saringan pasir lambat yang memenuhi kriteria dan perhitungan berdasarkan SNI 3981 Tahun 2008 sebagai berikut:

1. Kecepatan penyaringan 0.1 m/jam - 0.4 m/jam
2. Luas permukaan bak filtrasi (SPL), dapat dihitung dengan rumus :

$$A = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

A = Luas permukaan bak (m²)

Q = Debit air baku (m³/jam)

V = Kecepatan penyaringan (m/jam)

3. Luas permukaan bak (A) :

$$A = P \times L \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

P = Panjang bak

L = Lebar bak

Rasio panjang bak dengan lebar bak sebesar (1 s/d 2) : 1 (5)

4. Bak berjumlah minimal 2 buah

Tabel 6. Perhitungan Luas Permukaan Bak untuk Debit 1 s/d 5 L/s

| No. | Debit (L/s) | Kecepatan (m/jam) | Luas permukaan bak (m ²) |
|-----|-------------|-------------------|--------------------------------------|
| 1. | 1,0 | 0,1 s/d 0,4 | 9 s/d 36 |
| 2. | 2,0 | 0,1 s/d 0,4 | 18 s/d 72 |
| 3. | 3,0 | 0,1 s/d 0,4 | 27 s/d 108 |
| 4. | 4,0 | 0,1 s/d 0,4 | 36 s/d 144 |
| 5. | 5,0 | 0,1 s/d 0,4 | 45 s/d 180 |

Sumber : SNI 3981:2008

5. Kedalaman bak saringan pasir lambat tertera pada **Tabel 7** berikut

Tabel 7. Kedalaman Bak Saringan Pasir Lambat

| No | Kedalaman (D) | Ukuran (m) |
|--------------|-----------------------------------|----------------------|
| 1. | Tinggi bebas (<i>freeboard</i>) | 0.20 s/d 0.30 |
| 2. | Tinggi air di atas media pasir | 1.00 s/d 1.50 |
| 3. | Tebal media pasir | 0.60 s/d 1.00 |
| 4. | Tebal kerikil penahan | 0.15 s/d 0.30 |
| 5. | Saluran drainase bawah | 0.10 s/d 0.20 |
| Total | | 2.05 s/d 3.30 |

Sumber : SNI 3981:2008

6. Media penyaring pada saringan pasir lambat memiliki kriteria seperti :

- d. Kandungan SiO₂ pada media pasir lebih dari 90%
- e. Media pasir memiliki diameter efektif (ES) sebesar 0.2 mm s/d 0.4 mm
- f. Nilai koefisien keseragaman (UC) butiran berkisar antara 2 s/d 3
- g. Cara menentukan ES dan UC sbb:

$$ES = P_{10} \dots\dots\dots(6)$$

$$UC = \frac{P_{60}}{P_{10}} \dots\dots\dots(7)$$

Dengan:

P₁₀ = butiran pasir efektif terbesar

P₆₀ = butiran pasir efektif terkecil

h. Memiliki berat jenis 2.55 gr/cm³ s/d 2.65 gr/cm³

i. Kelarutan media pasir dalam air dalam 24 jam < 3% beratnya.

7. Media penahan

Media penahan pada saringan pasir lambat ini berupa batu kerikil. Media penahan ini tersusun berurutan dari jenis kerikil dengan butiran halus berada pada lapisan paling atas seterusnya jenis kerikil dengan butiran

kasar pada lapisan terakhir. Berikut gradasi butir media kerikil tersaji pada **Tabel 8.**

Tabel 8. Gradasi Butir Media Kerikil

| No | Diameter kerikil rata-rata (mm) | Ketebalan (cm) | Lapisan ke (dari atas ke bawah) |
|------------------------|---------------------------------|------------------|---------------------------------|
| 1 | 3 s/d 4 | 5 s/d 10 | 1 |
| 2 | 10 s/d 30 | 10 s/d 20 | 2 |
| Total ketebalan | | 15 s/d 30 | |

Sumber : SNI 3981:2008

8. Syarat air baku:

- a. Kekeruhan ≤ 50 mg/l SiO₂
- b. Oksigen terlarut ≤ 6 mg/l
- c. Total koliform ≤ 500 MPN/100 l

2.13 Mekanisme Kerja Slow Sand Filtration

Mekanisme kerja yang terjadi ketika air melalui media filter adalah:

1. Penyaringan (*filtration*). Ukuran butiran pasir biasanya $\pm 150,0$ μ m dan lubang yang terbentuk berukuran $\pm 20,0$ μ m. Celah ini tidak mampu menangkap bakteri dan partikel koloid berdiameter $\pm 1,0$ μ m pada air, maka pembentukan lapisan *schmutzdecke* sangat penting sebagai media filter biologis.
2. Pengendapan yang terjadi ketika partikel tersuspensi melalui media filter.
3. Faktor inersia dan sentrifugal. Menunjukkan partikel tertentu dengan gaya gravitasi lebih besar dibandingkan air disekitarnya sehingga partikel tersebut keluar dari jalur dan kontak dengan butiran pasir.
4. Difusi, adalah peristiwa berpindahnya suatu zat dalam pelarut yang berkonsentrasi tinggi ke rendah. Proses ini berfungsi untuk membawa partikel tersuspensi agar kontak langsung dengan media filter.
5. *Mass attraction*, Proses ini berkontribusi dalam proses transport massa dan mekanisme perlekatan dari mikroorganisme.
6. *Electrostatic and electrokinetic attraction*. Berfungsi untuk menahan partikel yang telah mengendap pada butiran pasir. Gaya ini berkontribusi terhadap mekanisme transport secara menyeluruh sebelum kontak dengan butiran pasir.

Ketika saringan pasir lambat beroperasi, polutan pada air yang diolah akan tertahan pada permukaan dan pori-pori media filter. Oleh karena itu diperlukan pembersihan media filter pada saat *headloss* filtrasi mencapai titik maksimum. Lapisan di atas media filter dibersihkan dan dikeluarkan dari bak filtrasi. Kemudian media pasir harus segera dicuci untuk mencegah terjadinya

kondisi anaerobik pada tumpukan pasir yang dapat menimbulkan rasa atau bau (Hadi, 2012).

Pencucian media pasir dilakukan dengan sistem pengerukan lapisan atas yang merupakan lapisan *schmutzdecke*. Setelah dibersihkan, satu minggu setelah operasi awal akan tumbuh lapisan *schmutzdecke* baru. Pembersihan ini bertujuan untuk menyisihkan material tersuspensi yang terakumulasi pada media filter selama berlangsungnya proses pengolahan. Pembersihan SPL dilakukan untuk pemulihan kapasitas sistem dan menaikkan kualitas air hasil pengolahan.

2.14 Desinfeksi

Desinfeksi adalah proses untuk membunuh bakteri, protozoa, dan virus dengan kuantitas desinfektan yang kecil dan tidak beracun bagi manusia. Reaksi desinfeksi yang terjadi harus dilaksanakan di bawah kondisi normal, termasuk suhu, aliran, kualitas air, dan waktu kontak. Hal ini akan membuat air menjadi tidak beracun, tidak berasa, lebih mudah diolah, ekonomis, serta akan meninggalkan residu yang tetap untuk jangka waktu yang aman, sehingga kontaminan dapat dihilangkan (Al-Layla, 1980).

Desinfeksi pada umumnya menggunakan klor yang dikenal dengan klorinasi. Kebutuhan klor pada perencanaan desinfeksi menyisakan klor aktif agar dalam distribusi air olahan tidak terkontaminasi mikroorganisme apabila terjadi kebocoran pada pipa distribusi. Klorinasi dapat dilakukan dengan pembubuhan gas Cl_2 atau *kalsium hipoklorit* ($CaOCl_2$) sebagai sumber klornya. Dosis klor yang digunakan bervariasi tergantung pada kuantitas air, kualitas air, kondisi iklim dan temperatur. Kaporit memiliki kadar klorin 65-70% dan memiliki masa 80 s/d 98 gr/100 ml, sedangkan pada gas Cl_2 memiliki kadar klorin 99% (Droste, 1997). Sisa klor sebesar 0,5 mg/L dalam air dapat membunuh bakteri dalam air dengan efektif, namun akan menimbulkan bau klor apa bila melebihi 2 mg/L (Masduqi dan Assomadi, 2012). Klorinasi memiliki beberapa kriteria desain, diantaranya :

- a. Jumlah tabung minimal 2 buah dengan 1 sebagai cadangan.
- b. Sisa klor 0,3 s/d 0,5 mg/L

Setelah proses desinfeksi perlu diperiksa kembali nilai pH dan agresivitas akhir yang akan menentukan perlu atau tidaknya penambahan kapur.

2.15 Pompa

Tekanan pada pompa dipengaruhi oleh *head* yang dibutuhkan di lapangan. Kebutuhan *head* yang paling mempengaruhi tekanan pompa yaitu *head static* (perbedaan tinggi muka air), *head friction* (kehilangan tekanan

selama pengaliran air) dan head sisa tekan (cadangan tekanan minimum yang rencanakan). Head pompa dihitung berdasarkan persamaan Bernoulli dibawah ini.

$$H_p = H_s + H_{ftotal} + H_{sisa} \dots\dots\dots (8)$$

dimana:

H_p = Tekanan total pompa (m)

H_s = Tekanan statis (m)

H_{ftotal} = Kehilangan tekanan pada pipa (m)

H_{sisa} = Sisa tekan (m)

2.16 Reservoir

Reservoir adalah bak penyimpanan air bersih setelah air diolah di instalasi pengolahan air (Qasim, Motley, & Zhu, 2000). Reservoir memiliki peran penting dalam pendistribusian air bersih, diantaranya yaitu:

- a. *Equalizing Flows*, untuk menyeimbangkan aliran air, karena debit yang keluar beragam, unsur ini diperlukan sebagai penyeimbangan aliran yang dipergunakan untuk menyimpan cadangan air pada keadaan darurat.
- b. *Equalizing Pressure*, untuk menyeimbangkan tekanan air, yang diperlukan karena bervariasinya pemakaian air di daerah distribusi.
- c. Sebagai distributor atau sumber pelayanan air bersih.

Sistem distribusi meliputi aliran secara gravitasi, penggunaan pompa bertekanan, dan kombinasi keduanya. Kapasitas reservoir dihitung berdasarkan kebutuhan air puncak, selain itu sistem distribusi juga mempengaruhi besarnya kapasitas reservoir yang harus disediakan.

Jenis-jenis reservoir disesuaikan dengan sistem distribusi, yaitu :

1. Reservoir tinggi, yaitu sistem distribusi dilakukan secara gravitasi, reservoir ini berupa *ground tank*, atau reservoir menara (*roof tank*) yang ketinggiannya harus dipertimbangkan agar pada titik kritis masih ada sisa tekan.
2. Reservoir rendah, yaitu sistem distribusi dilakukan dengan pemompaan, reservoir ini biasanya berupa *ground tank*.
3. Reservoir pembantu, dibuat karena adanya batasan konstruksi, apabila volume yang keluar dari reservoir tidak mencukupi.

Desain reservoir memiliki kriteria sebagai berikut:

- a. Jumlah unit lebih dari dua (2)
- b. Tinggi Kolam (H) = (3 – 6) m
- c. *Freeboard* (Hj) lebih dari 30 cm
- d. Tinggi air minimum (H_{min}) = 15 cm
- e. Waktu detensi (td) lebih dari 1 jam

Air baku harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu agar memenuhi BML air bersih. Di bawah ini adalah parameter air baku yang belum memenuhi BML dan alternatif pengolahannya dapat dilihat pada **Tabel 9.** berikut:

Tabel 9. Alternatif Pengolahan Untuk Penyisihan Parameter yang Melebihi BML

| Parameter | Pengolahan |
|------------------------|---|
| Kekeruhan | Koagulasi-flokulasi, prasedimentasi, sedimentasi, filtrasi |
| BOD | Sedimentasi dengan penambahan bahan kimia, filtrasi, karbon aktif, desinfeksi |
| COD | Sedimentasi dengan penambahan bahan kimia, filtrasi, desinfeksi |
| Chromium | Koagulasi-flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan karbon aktif |
| Nitrit | Desinfeksi, filtrasi |
| Kadmium | Koagulasi-flokulasi, prasedimentasi, sedimentasi, filtrasi |
| Bakteri E. Coli | Filtrasi, desinfeksi |
| Total bakteri coliform | Filtrasi, desinfeksi |

2.17 Sistem Perpipaan Transmisi

Sistem perpipaan transmisi merupakan sistem penyaluran air baku dari sumber air baku ke instalasi pengolahan air bersih menggunakan pipa tunggal. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan saat menentukan sistem perpipaan transmisi yaitu jenis jaringan transmisi, tempat bak pelepas tekan, menghitung panjang dan diameter pipa, jalur pipa sebaiknya mengikuti jalan raya dan pilih jalur yang tidak membutuhkan banyak perlengkapan. Perlengkapan dalam sistem transmisi perpipaan air bersih seperti: *wash out, air valve, blow off, gate valve*, pompa. Perhitungan untuk pipa transmisi dilakukan menggunakan rumus Hazen-williams, yaitu :

$$H_f = \frac{10,67 \times Q^{1,852}}{Chw^{1,852} D^{4,87}} \times L \dots\dots\dots (9)$$

Dimana :

- Hf = Kehilangan tekanan (m)
- D = Diameter pipa (m)
- L = Panjang pipa (m)
- Chw = Koefisien Hazen-Williams
- Q = Debit (m³/det)

Menurut Al-layla, 1978 dalam sistem transmisi tidak boleh terjadi penyadapan air. Saluran transmisi dapat berupa saluran terbuka atau pipa tergantung dari wilayah dan material yang tersedia.

Penetapan jalur pipa ditentukan berdasarkan jalur yang paling efisien ditinjau dari segi teknis maupun ekonomis, dimana kondisi topografi maupun jarak adalah yang paling optimal ditinjau dari segi konstruksi pemasangan dan biaya. Saluran transmisi dapat berupa saluran alami maupun buatan.

Menurut Al-layla, 1978 ada tiga jenis saluran transmisi, yaitu:

1. Saluran terbuka, adalah saluran yang mengalirkan air dari suatu permukaan yang langsung berhubungan dengan udara. Karakteristik dari saluran terbuka adalah:

- a. Dipengaruhi oleh tekanan udara;
- b. Tidak teraturinya bentuk penampang saluran.

Keuntungan saluran terbuka yaitu:

- a. Kapasitas yang besar;
- b. Ukurannya bervariasi.

Kerugian dari saluran terbuka yaitu:

- a. Harus mengikuti kontur;
- b. peluang kehilangan air sangat besar;
- c. kemungkinan terjadinya gangguan;
- d. kemiringan saluran mempengaruhi kecepatan aliran.

2. Saluran tertutup, umumnya berupa bangunan yang mengalirkan air dari intake ke unit pengolahan dan bekerja sesuai tekanan udara. Berdasarkan letaknya, ada dua tipe saluran tertutup yaitu di atas permukaan tanah dan didalam permukaan tanah (Al-Layla, 1978).

Untuk menghitung debit yang masuk pada saluran transmisi digunakan persamaan sebagai berikut (Al-Layla, 1978):

$$Q = A \times v \dots\dots\dots (10)$$

dimana:

- Q = Debit air (m³/dtk)
- A = Luas penampang saluran (m²)
- v = Kecepatan aliran (m/dt)

Sedangkan untuk menghitung kecepatan air digunakan rumus Manning, seperti persamaan (11) dibawah ini :

$$v = \frac{1}{n} r^{2/3} s^{1/2} \dots\dots\dots (11)$$

dimana:

- v = Kecepatan aliran (m/dtk)
- n = Koefisien Manning
- r = Jari-jari hidrolis
- s = Kemiringan saluran

3. Perpipaan

Sistem perpipaan merupakan saluran tertutup yang memiliki kapasitas terbatas dan bekerja di bawah tekanan atmosfer. Karakteristik dari sistem perpipaan ini adalah (Al-Layla, 1978):

- a. Tidak dipengaruhi oleh tekanan udara, tapi dipengaruhi oleh tekanan hidrolis;
- b. Permukaan aliran tidak dipengaruhi oleh ruang dan waktu;

Dimensi pipa dihitung berdasarkan debit kebutuhan maksimum. Pipa yang digunakan biasanya adalah pipa besi tuang, pipa besi baja, PVC, dan GIP. Untuk menentukan dimensi pipa transmisi dan menghitung kehilangan tekanan pada pipa digunakan persamaan *Hazen William* (Chow, 1989):

$$Q = 0,2785 \times C_{Hw} \times d^{2,63} \times s^{0,54} \dots\dots\dots(12)$$

Dimana:

- Q = debit air (m³/dt)
- C_{Hw} = koefisien kekasaran pipa
- d = diameter pipa (m)
- s = kemiringan/slope

Selain itu dapat juga digunakan persamaan *Darcy Weisbach*, yaitu (Chow, 1989):

$$h_L = f \frac{Lv}{D2g} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana:

- h_L = kehilangan tekanan (m)
- f = faktor gesekan
- L = panjang pipa (m)
- D = diameter pipa (m)
- v = kecepatan aliran (m/dt)
- g = percepatan gravitasi (m/dt²)

Persamaan *Hazen William* biasanya digunakan pada aliran turbulen, sedangkan persamaan *Darcy Weisbach* digunakan pada aliran laminar (Geyer, 1968).

Pemilihan bahan pipa dipilih berdasarkan (Al-Layla, 1978):

- a. tekanan;
- b. Diameter;
- c. kekasaran pipa;
- d. kekuatan dan daya tahan;
- e. ketahanan terhadap lingkungan (korosifitas);
- f. kemudahan dalam pengadaan, pengangkutan dan pemasangan;
- g. harga dan biaya pemeliharaan.

Perletakan pipa harus mempertimbangkan (Al-Layla, 1978):

- a. pemilihan jalur terpendek;
- b. berusaha menghindari hambatan, seperti: jembatan, pemakaian *crossing*, pompa, *cut and cover*;
- c. lokasi mudah untuk di kontrol (operasi dan *maintenance*);
- d. memungkinkan perletakan sistem perpipaan;
- e. memenuhi kebutuhan hidrolis.

Langkah – langkah dalam perletakan pipa (Al-Layla, 1978):

- a. Pelajari peta situasi;
 - 1) Penggunaan lahan
 - 2) Jalur jalan umum
 - 3) Peta kontur dan topografi
- b. rencana awal perletakan;
- c. survei lapangan;
- d. konfirmasi lapangan guna mencocokkan point 1 dan 3;
- e. pengukuran profil memanjang dan melintang;
- f. melengkapi gambar perletakan dengan peralatan dan perlengkapan pipa yang dibutuhkan.

Sistem pengaliran air dari pipa transmisi ini adalah dengan cara (Al-Layla, 1978):

1. Sistem gravitasi

Apabila air baku berasal dari air danau dan daerah konsumen berada lebih rendah dari sumber air baku, maka metode pengaliran dengan sistem gravitasi dapat dilakukan. Cara ini lebih banyak digunakan sebagai sistem pengaliran.

2. Sistem pemompaan

Sistem pemompaan dilakukan bila air baku berasal dari daerah yang lebih rendah dari daerah konsumen. Metode ini memompa air secara langsung melalui pipa saluran air. Metode ini memiliki beberapa kekurangan, seperti bila kekuatan pompa terganggu maka pengaliran air akan terhenti atau

macet. Maka dari itu banyak dilakukan variasi pada instalasi perpipaan sesuai dengan persyaratan penggunaan air.

Peralatan dan perlengkapan pada sistem transmisi (Al-layla, 1978):

1. Bangunan Pelepas Tekanan (BPT), Berfungsi untuk mengembalikan tekanan menjadi tekanan atmosfer;
2. Bangunan Penguras dan Penutup
Bangunan penguras berfungsi untuk mengeluarkan kotoran yang terdapat dalam saluran. Bangunan penutup berfungsi pada saat ada kerusakan atau kebocoran sehingga saluran harus ditutup. Penempatannya pada tempat terendah pada jaringan pipa dan pada jaringan mendatar (tanpa cabang) yang mempunyai jarak 1 – 1,25 km;
3. Bangunan Pelepas Udara (*Air valve*)
Berfungsi untuk mengeluarkan udara yang terperangkap dalam jaringan pipa dan untuk memasukkan udara pada pipa jika pipa di kosongkan. Penempatan pada titik tertinggi pada jalur pipa, pada pipa mendatar dengan jarak 750 – 1000 m, dan pada jembatan pipa;
4. *Check valve*
Merupakan *valve* yang berfungsi untuk mencegah aliran balik. Penempatannya setelah pompa dan jalur pipa;
5. *Gate valve / Stop valve*
Berfungsi untuk menutup dan membuka aliran pada saat pengecekan, perbaikan, dan pemeliharaan jalur pipa;
6. *Fitting* (sambungan)
Jenis – jenis sambungan beserta fungsinya:
 - a. *Joint*, berfungsi untuk menyambung pipa dengan diameter sama.
 - b. *Reducer*, berfungsi untuk menyambung pipa dengan diameter pipa yang berbeda.
 - c. *Elbow/Bend/Knee* dan *Tee/cross*, *Bend* digunakan pada tiap pembelokan pipa, beberapa kemiringan *bend* $11,25^\circ$ dan $22,5^\circ$ berfungsi untuk merubah aliran, sedangkan *tee*, *cross* berfungsi untuk membagi arah aliran.
 - d. *Caps*, *Plug* atau *Blind Flange*, berfungsi untuk menutup dan menghentikan aliran pada ujung saluran pipa.
7. Kontraksi
Suatu keadaan pengecilan tiba-tiba pada daerah alir fluida sehingga kecepatannya meningkat. Kontraksi menyebabkan fluida berakselerasi saat memasuki daerah yang lebih kecil. Kontraksi terjadi pada awal jalur transmisi ketika keluar dari *intake*.

8. Ekspansi

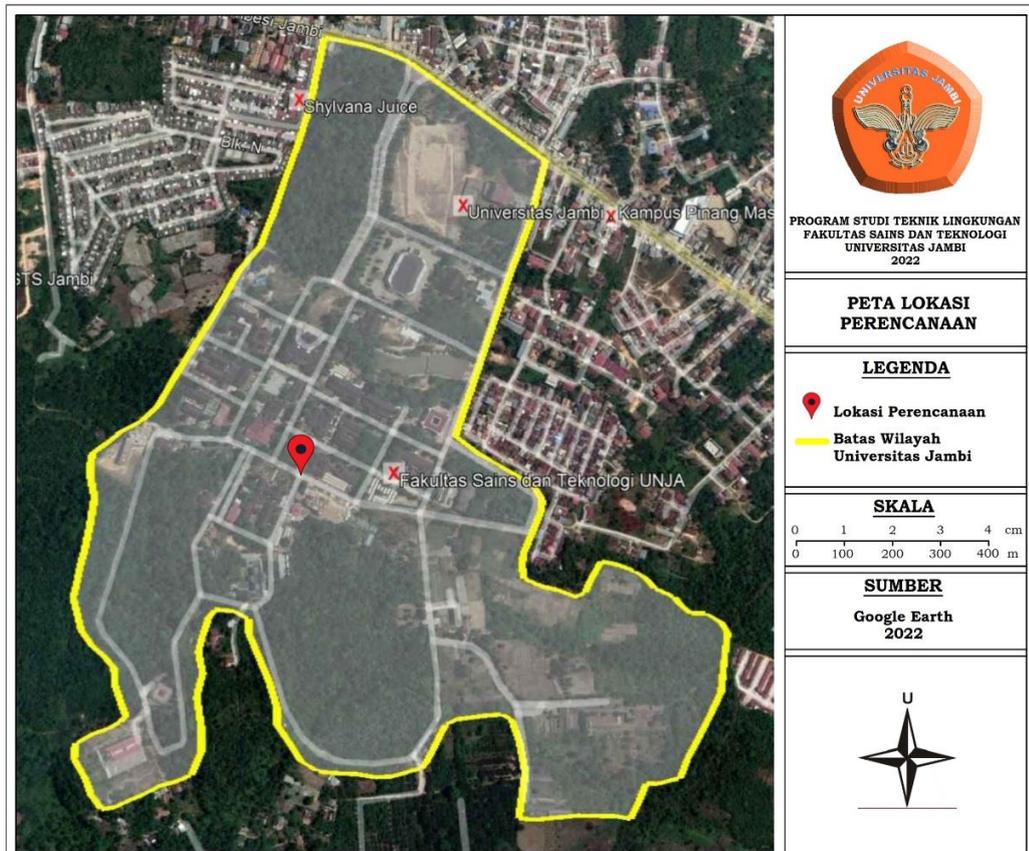
Suatu keadaan pembesaran tiba-tiba pada daerah alir fluida sehingga kecepatannya menurun. Fluida dari daerah alir yang lebih kecil akan mengalami pancaran memasuki daerah alir yang lebih besar, pancaran tersebut akan mengisi seluruh permukaan daerah alir yang lebih besar. Ekspansi terjadi pada akhir jalur transmisi ketika masuk ke dalam reservoir.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

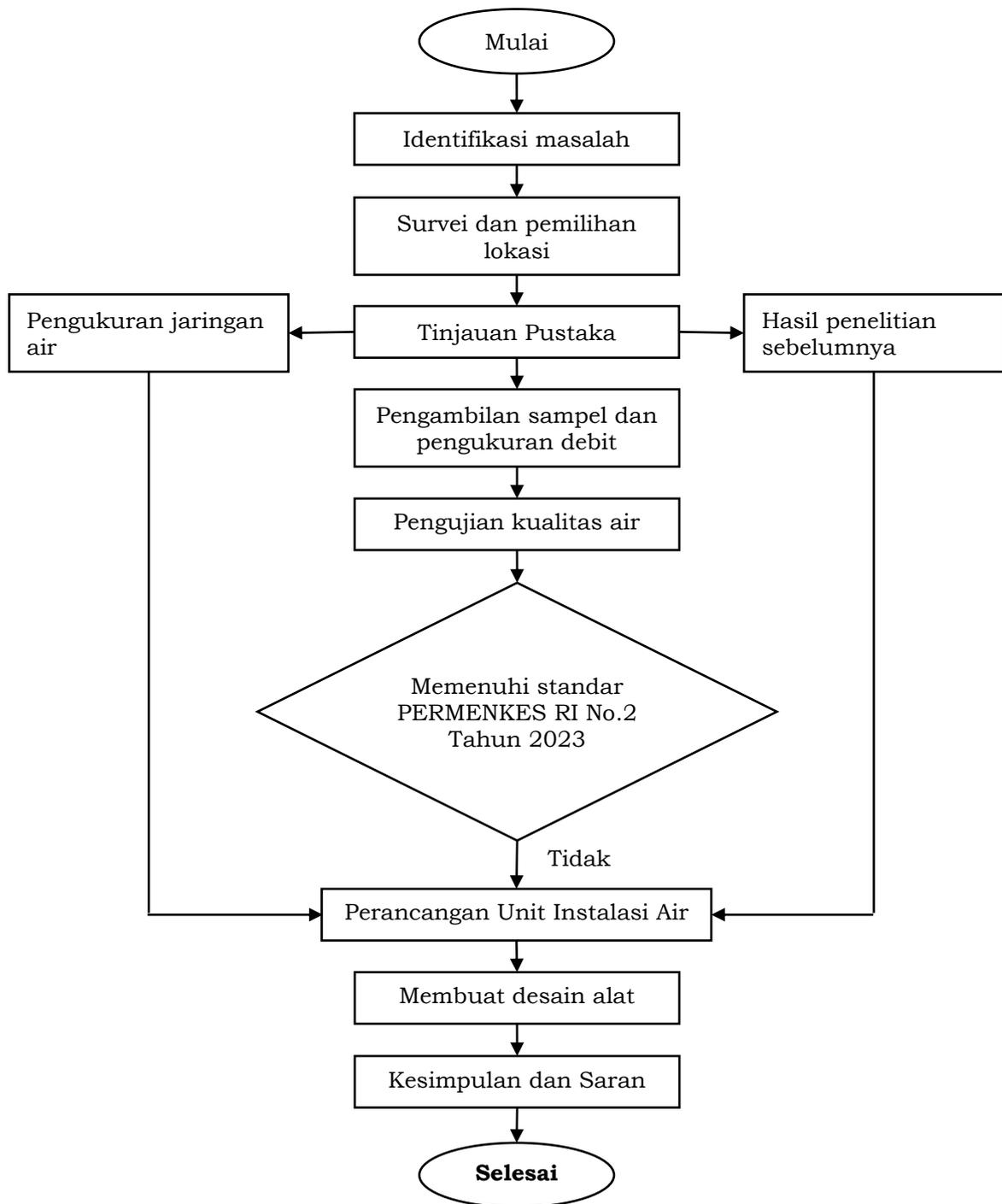
Lokasi penelitian ini dilakukan di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi, Kabupaten Muaro Jambi, Desa Mendalo Darat. Penelitian dilakukan selama 6 bulan dengan waktu pelaksanaan pada bulan November 2021 hingga April 2022. Penelitian ini diawali dengan peninjauan langsung ke lokasi penelitian dan pengambilan sampel air baku dari sumber air baku untuk diuji kualitasnya. Kemudian dilanjutkan dengan pengambilan data primer dan sekunder. Data primer yang diperlukan dalam penelitian ini seperti kondisi eksisting lokasi penelitian dan debit kebutuhan air pada tiap gedung. Sedangkan data sekunder yang dibutuhkan yaitu berupa jumlah civitas akademik per gedung, kondisi topografi, *master plan* universitas jambi, dan sumber literatur lainnya, serta standar dan peraturan yang berlaku.

Berdasarkan survey lokasi yang dilakukan didapatkan lokasi perencanaan Instalasi Peng Air Bersih yaitu berada pada area Fakultas Peternakan Universitas Jambi, lokasi ditetapkan langsung berdasarkan lokasi sumber air baku yang akan digunakan. Berikut peta UNJA Mendalo tersaji pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Peta UNJA Mendalo Kampus Pinang Masak

3.2 Skema Penelitian



Gambar 4. Tahapan Perencanaan Perancangan Instalasi Pengolahan Air Bersih

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini secara garis besar memiliki lima tahapan, yaitu sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah. Tugas akhir ini disusun untuk merancang unit instalasi pengolahan air bersih di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan air bersihnya. Dengan latar belakang belum tersedianya instalasi pengolahan air bersih secara mandiri dan terpusat di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi.
2. Survey. Survey bertujuan untuk mengidentifikasi lokasi penelitian yaitu Kampus Pinang Masak Universitas Jambi untuk melakukan persiapan kegiatan, identifikasi masalah, pengumpulan data dan pustaka yang dibutuhkan pada saat melakukan penelitian Perancangan Instalasi pengolahan Air Bersih di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi.
3. Studi literatur dan tinjauan pustaka. Bertujuan untuk mengumpulkan informasi dan memahami konsep perancangan instalasi pengolahan air bersih di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi. Tinjauan pustaka yang dilakukan meliputi kualitas dan kuantitas air baku, baku mutu air bersih sesuai PERMENKES No. 2 tahun 2023, serta unit instalasi pengolahan air bersih.
4. Pengumpulan data. Data yang dikumpulkan terkait dengan perancangan yang akan dilakukan berupa:
 - a. Data primer didapatkan dari hasil observasi, seperti: sumber air baku, kualitas air baku, kebutuhan harian maksimum dan kondisi eksisting lokasi perancangan instalasi pengolahan air bersih.
 - b. Data sekunder didapatkan dari data-data yang sudah ada sebagai referensi, seperti: data curah hujan yang diperoleh dari BMKG Provinsi Jambi, data jumlah civitas akademik, staf pengajar dan karyawan Universitas Jambi yang diperoleh dari Statistik Universitas Jambi Dalam Angka tahun 2021.
5. Analisa data. Data primer dan sekunder yang sudah didapatkan digunakan dalam perhitungan dan analisis data sebagai dasar dari perancangan.
 - a. Proyeksi jumlah penduduk 10 tahun mendatang untuk mendapatkan kebutuhan air yang harus disediakan.
 - b. Kualitas air baku yang diuji untuk mengetahui alternatif unit pengolahan yang akan digunakan dalam pengolahan air baku.
 - c. Kebutuhan air yang didapatkan untuk mengetahui debit air yang harus diolah dalam perancangan yang dibandingkan dengan kesediaan air baku.

- d. Analisa sumber air baku. Sumber air baku yang akan dijadikan sebagai sumber untuk diolah menjadi air layak konsumsi, ditentukan berdasarkan survey terhadap tata letak daerah resapan air yang sudah ada. Kemudian diadakan evaluasi untuk menentukan kualitas dan kuantitas air baku untuk mendukung pengolahan air yang digunakan untuk konsumsi. Tata letak sumber air baku dan bak penampung di buat sedekat mungkin untuk mengurangi kerugian aliran serta mudah pengontrolannya.
- e. Perancangan instalasi pengolahan. Perancangan instalasi pengolahan ini dilakukan dengan mempertimbangan pengamatan kondisi lapangan yang ada, tata guna lahan, dan data hasil analisis yang mengacu pada parameter standar kualitas air bersih yang digunakan, sehingga dapat dirancang instalasi pengolahan yang efektif dan efisien.
- f. Kesimpulan dan saran. Kesimpulan ditulis pada akhir perancangan yang bertujuan untuk memberi gambaran yang jelas terhadap detail perancangan ini. Saran yang ditulis pada perancangan ini bertujuan untuk memberi masukan pada perancangan penyediaan air bersih Kampus Pinang Masak Universitas Jambi dengan memanfaatkan sumber daya yang ada.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperlukan untuk memperoleh berbagai macam informasi untuk menunjang proses perancangan. Pengumpulan data dapat dilakukan dengan cara survei, sampling dan lain-lain. Cara-cara pengumpulan data yang dipilih disesuaikan berdasarkan jenis data yang hendak diambil.

Jenis data berdasarkan cara memperolehnya dibagi atas dua jenis yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh berdasarkan pengukuran atau pengamatan langsung di lapangan. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber data lain baik dari jurnal, dokumen, panduan perancangan instalasi pengolahan air bersih. Adapun data yang akan dikumpulkan adalah sebagai berikut :

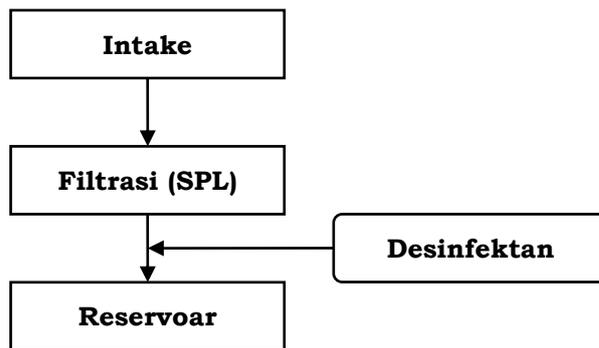
1. Data primer : kondisi eksisting lokasi, peta topografi lokasi, debit sumber air baku, kualitas air baku antara lain pH, TDS, TSS, Kesadahan, Kandungan Besi, dll.
2. Data sekunder : master plan Kampus Pinang Masak Universitas Jambi, data jumlah civitas akademik pada masing-masing gedung di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi, referensi (buku, jurnal, dan sumber literatur lainnya), serta standar dan peraturan yang berlaku.

3.5 Kapasitas Instalasi Pengolahan Air Bersih

Kapasitas instalasi pengolahan air bersih dirancang sebesar 110% dari perencanaan total kebutuhan air bersih. Dengan kelebihan jumlah air 10% tersebut diperuntukkan bagi kebutuhan internal pada instalasi pengolahan air bersih seperti proses *backwash* pada saringan pasir lambat.

3.6 Bagan Alir Instalasi Pengolahan Air Bersih

Perencanaan bagan alir instalasi pengolahan air bersih yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Bagan Alir Pengolahan Air Bersih

3.7 Persentase Penyisihan

Efisiensi instalasi pengolahan air tidak ada artinya tanpa mengacu pada kualitas air baku dan air olahan. Untuk alasan ini penting untuk tidak hanya menilai kualitas air baku tetapi juga efisiensi kinerja dan tujuan pengolahan untuk instalasi pengolahan. **Tabel 10** mengilustrasikan situasi ini berdasarkan data dari proyek percontohan dan proyek filtrasi multi-tahap skala penuh yang mengolah air dari sungai Andean tropis.

Tabel 10. Contoh persentase penyisihan untuk menghilangkan kekeruhan dan bakteri koliform

| Unit Pengolahan | Kekeruhan | | | Bakteri koliform termotoleran | | |
|-----------------|-------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | Removal (%) | Jumlah rata-rata (NTU) | Jumlah maksimum (NTU) | Removal (%) | Jumlah rata-rata (per 100 ml) | Jumlah maksimum (per 100 ml) |
| Intake | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| SPL | >95 | 60 | 600 | 50 | 2.000 | 10.000 |
| Desinfeksi | NA | <3 | <15 | >99,9 | 50 | 250 |
| Reservoar | NA | <3 | <15 | NA | <1 | <1 |

Sumber: Galvis, 1999

3.8 Gambar Desain Instalasi Pengolahan Air Bersih

Setelah proses perancangan dan analisis data dilakukan dan didapatkan hasil perhitungan rancangan yang kemudian dituangkan dalam bentuk gambar desain instalasi pengolahan air bersih. Gambar desain ini dibuat menggunakan aplikasi AutoCad.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Perencanaan

Universitas Jambi merupakan salah satu perguruan tinggi negeri yang berada di Provinsi Jambi berdiri sejak 23 Maret 1963. Beralamat di Jl. Jambi – Muara Bulian KM. 15, Desa Mendalo Darat, Kec. Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi. Saat ini Universitas Jambi memiliki 7 fakultas, yakni Fakultas Hukum, Fakultas Ekonomi, Fakultas Pertanian, Fakultas Peternakan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kedokteran, Fakultas Sains dan Teknologi, serta satu program Pascasarjana. Total keseluruhan program studi yang berada di Universitas Jambi ada 82 program studi yang terdiri dari 4 program studi jenjang S3, 19 program studi jenjang S2, 49 program studi jenjang S1, 2 program studi jenjang D4, dan 8 program studi jenjang D3.

Lokasi perencanaan berada di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi yang berada di Desa Mendalo Darat. Kampus Pinang Masak merupakan kampus utama Universitas Jambi yang meliputi area seluas 100,1 hektar. Terdapat berbagai macam gedung dan fasilitas yang berada di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi antara lain gedung perkuliahan, laboratorium, masjid, kebun percobaan dan peternakan, perpustakaan, gedung serbaguna, dan lain sebagainya yang dapat dilihat pada Gambar 8 antara lain a). Masjid Jami' Assalam Universitas Jambi, b). Gedung perkuliahan Fakultas Sains dan Teknologi, c). Gedung Rektorat, dan d). Laboratorium Fakultas Pertanian.



Gambar 6. Gedung di Universitas Jambi

4.1.2 Rekapitulasi Jumlah Civitas Akademik Universitas Jambi

Berikut rekapitulasi dari proyeksi atau perkiraan jumlah civitas akademik di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi dari tahun 2022-2031 dapat dilihat pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Rekapitulasi jumlah civitas akademik tahun 2022-2031

| Tahun | Jumlah Mahasiswa | Jumlah Dosen | Jumlah Tendik | Total (Org) |
|-------|------------------|--------------|---------------|-------------|
| 2020 | 18.629 | 723 | 484 | 19.836 |
| 2021 | 19.455 | 883 | 509 | 20.848 |
| 2022 | 20.326 | 912 | 529 | 21.767 |
| 2023 | 22.187 | 989 | 574 | 23.750 |
| 2024 | 23.519 | 1.038 | 605 | 25.160 |
| 2025 | 24.930 | 1.092 | 638 | 26.660 |
| 2026 | 26.426 | 1.157 | 674 | 28.256 |
| 2027 | 28.011 | 1.227 | 711 | 29.949 |
| 2028 | 29.692 | 1.300 | 750 | 31.742 |
| 2029 | 31.473 | 1.378 | 792 | 33.644 |
| 2030 | 33.362 | 1.461 | 837 | 35.659 |
| 2031 | 35.363 | 1.548 | 884 | 37.796 |

Sumber: Kurniadi, 2023

Pada tabel 12 di atas dapat terlihat jumlah civitas akademik Kampus Pinang Masak Universitas Jambi pada tahun perencanaan yaitu berjumlah 37.796 orang.

4.2 Kebutuhan Air Bersih Universitas Jambi

4.2.1 Kebutuhan Air Gedung Perkuliahan

Pada **Tabel 12** adalah hasil dari perhitungan kebutuhan air bersih pada gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Hasil ini didapatkan dari jumlah mahasiswa, dosen, dan tenaga pendidik pada program studi yang berada di gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan pada tahun proyeksi 2031. Kebutuhan air bersih di gedung ini adalah 84.670 liter/hari.

Tabel 12. Rekapitulasi kebutuhan air bersih gedung perkuliahan

| Program Studi | Gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan | | | | Kebutuhan Air Bersih (l/hr) |
|----------------------------|--|-------------|--------------|----------------------------------|-----------------------------|
| | Mahasiswa Tahun 2031 (org) | Dosen (org) | Tendik (org) | Standar Kebutuhan Air (l/org/hr) | |
| Pend. Kimia S1 | 663 | 33 | | 10 | 6.960 |
| Pend. Fisika S1 | 651 | 33 | | 10 | 6.840 |
| Pend. Biologi S1 | 790 | 39 | | 10 | 8.290 |
| Pend. Matematika S1 | 771 | 39 | | 10 | 8.100 |
| Pend. Ekonomi S1 | 727 | 36 | | 10 | 7.634 |
| Pend. Sejarah S1 | 363 | 18 | | 10 | 3.810 |
| Pend. PPKn S1 | 532 | 27 | | 10 | 5.590 |
| Pend. Bahasa Indonesia S1 | 839 | 42 | | 10 | 8.810 |
| Pend. Bahasa Inggris S1 | 843 | 42 | | 10 | 8.850 |
| Administrasi Pendidikan S1 | 606 | 30 | | 10 | 6.360 |
| Bimbingan dan Konseling S1 | 1.093 | 55 | | 10 | 11.480 |
| Total | 7.876 | 394 | 197 | 10 | 84.670 |

Sumber: Kurniadi, 2023

Rekapitulasi kebutuhan air bersih gedung perkuliahan Kampus Pinang Masak Universitas Jambi dapat dilihat pada **Tabel 13**.

Tabel 13. Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih Gedung Perkuliahan

| No. | Gedung | Kebutuhan air tahun desain (L/hr) |
|-----|---|-----------------------------------|
| 1. | Gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan | 84.670 |
| 2. | Gedung Prog. Studi Seni Drama, Tari, dan Musik | 21.470 |
| 3. | Gedung Prog. Studi Kepelatihan Olahraga dan Kesehatan | 17.880 |
| 4. | Gedung Prog. Studi Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD) | 8.220 |
| 5. | Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis | 68.040 |
| 6. | Gedung Fakultas Pertanian | 41.980 |
| 7. | Gedung Prog. Studi Kehutanan | 14.980 |
| 8. | Gedung Fakultas Hukum | 49.720 |
| 9. | Gedung Prog. Studi Ilmu Pemerintahan dan Ilmu Politik | 21.760 |
| 10. | Gedung Fakultas Peternakan | 22.470 |
| 11. | Gedung Fakultas Sains dan Teknologi | 26.770 |
| | Kebutuhan Total | 377.960 |

Sumber: Kurniadi, 2023

4.2.2 Kebutuhan Air Pada Laboratorium

Pada **Tabel 14** tersaji data rekapitulasi kebutuhan air bersih pada laboratorium, dimana terdapat 37 unit laboratorium yang tersebar di 7 gedung perkuliahan di area Kampus Pinang Masak Universitas Jambi. Kebutuhan total air bersih untuk seluruh fasilitas laboratorium yang berada di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi adalah 37.000 liter/hari.

Tabel 14. Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih Laboratorium

| No. | Gedung Laboratorium | Jumlah Unit Lab. | Standar Kebutuhan Air (L/unit) | Kebutuhan air bersih (L/hr) |
|-----|---|------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 1. | Laboratorium Dasar dan Terpadu (UPT-LDT) | 4 | 1.000 | 4.000 |
| | Lab. Biokimia | | 1.000 | |
| | Lab. Analitik dan Instrumentasi | | 1.000 | |
| | Lab. Biomolekuler | | 1.000 | |
| | Lab. Mikrobiologi | | 1.000 | |
| 2. | Laboratorium Dasar Fakultas Pertanian | 5 | 1.000 | 5.000 |
| 3. | Laboratorium Fakultas Pertanian | 3 | 1.000 | 3.000 |
| | Lab. Kimia dan Kesuburan Tanah | | 1.000 | |
| | Lab. Bioteknologi Tanaman | | 1.000 | |
| | Lab. Fisika Tanah dan Mineralogi | | 1.000 | |
| 4. | Laboratorium Terpadu FKIP | 6 | 1.000 | 6.000 |
| | Lab. Pendidikan Kimia | | 1.000 | |
| | Lab. Pendidikan Fisika | | 1.000 | |
| | Lab. Pendidikan Biologi | | 1.000 | |
| | Lab. Pendidikan Matematika | | 1.000 | |
| | Laboratorium ICT | | 1.000 | |
| | Laboratorium <i>Microteaching</i> | | 1.000 | |
| 5. | Laboratorium Penyakit Tanaman dan Agensi Hayati | 2 | 1.000 | 2.000 |
| 6. | Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi | 7 | 1.000 | 7.000 |
| | Lab. Agroindustri dan Tanaman Obat | | 1.000 | |
| | Lab. Energi dan Rekayasa Material | | 1.000 | |
| | Lab. Lingkungan dan Geokimia | | 1.000 | |
| | Lab. Bioteknologi dan Rekayasa | | 1.000 | |
| | Lab. Instrumen dan Tugas Akhir | | 1.000 | |
| | Lab. ICT | | 1.000 | |
| | Lab. Kebumihan dan Geospasial | | 1.000 | |
| 7. | Laboratorium Fakultas Peternakan | 10 | 1.000 | 10.000 |
| | Lab. Analisis | | 1.000 | |
| | Lab. Komputasi | | 1.000 | |
| | Lab. Fisiologi dan Reproduksi | | 1.000 | |
| | Lab. Teknologi Pakan dan Nutrisi | | 1.000 | |
| | Lab. Teknologi Hasil | | 1.000 | |
| | Lab. Bahan dan Alat Tangkap Perikanan | | 1.000 | |
| | Lab. Laboratorium Bioteknologi | | 1.000 | |
| | Lab. Sosek dan Kewirausahaan | | 1.000 | |
| | Lab. Genetika dan Pemuliaan | | 1.000 | |
| | Lab. Kesehatan Hewan | | 1.000 | |
| | Kebutuhan Total | 37 | 1.000 | 37.000 |

Sumber: Kurniadi, 2023

4.2.3 Kebutuhan Air di Tempat Ibadah

Umumnya tempat ibadah di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi adalah Masjid dan Mushalla. Menurut Metcalf dan Eddy (1991) standar kebutuhan air bersih di tempat ibadah adalah 40 sampai 120 liter/orang/hari (untuk 5 kali waktu shalat). Maka, kebutuhan air bersih pada tempat ibadah dapat diasumsikan jika pengunjung masjid beribadah untuk 2 kali waktu shalat yaitu waktu *dzuhur* dan *ashar*. Maka, pemakaian air untuk 1 kali waktu shalat untuk penggunaan wudhu adalah 10 liter/orang/waktu shalat atau 20 liter/orang/hari. Rekapitulasi kebutuhan air bersih pada masjid dan mushala kampus pinang masak universitas jambi tersaji pada **Tabel 15** berikut:

Tabel 15. Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih Pada Masjid Dan Mushola

| No. | Masjid | Kapasitas (org) | Standar Kebutuhan Air (org/hr) | Kebutuhan Air Bersih (L/hr) |
|-----------------|-----------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 1. | Jami' Assalam | 500 | 20 | 10.000 |
| 2. | Al-Ijtihad | 200 | 20 | 4.000 |
| 3. | Nurul Islam | 140 | 20 | 2.800 |
| 4. | Mushola Fakultas Pertanian | 80 | 20 | 1.600 |
| 5. | Nurul Ilmi | 140 | 20 | 2.800 |
| 6. | Mushola Fakultas Peternakan | 80 | 20 | 1.600 |
| Kebutuhan Total | | | | 22.800 |

Sumber: Kurniadi, 2023

Dari tabel diatas diketahui bahwa kebutuhan total air bersih untuk seluruh masjid yang berada di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi adalah 22.800 liter/hari.

4.2.4 Kebutuhan Air di Gedung UPT dan Lembaga Universitas Jambi

Rekapitulasi kebutuhan air di gedung UPT dan Lembaga Universitas Jambi tertera seperti pada **Tabel 16** dibawah ini.

Tabel 16. Rekapitulasi kebutuhan air bersih gedung Biro, Lembaga, dan UPT

| No. | Gedung | Jumlah Pegawai (org) | Standar Kebutuhan Air (L/pgw/hr) | Kebutuhan Air Bersih (L/hr) |
|-----------------|---|----------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 1. | Rektorat | 5 | 10 | 50 |
| 2. | Biro Umum, Perencanaan, dan Keuangan | 77 | 10 | 770 |
| 3. | Biro Akademik dan Kemahasiswaan | 37 | 10 | 370 |
| 4. | UPT Perpustakaan | 20 | 10 | 200 |
| 5. | UPT Laboratorium Dasar Terpadu (UPT-LDT) | 10 | 10 | 100 |
| 6. | UPT Pelayanan Teknis Pengembangan Mahasiswa | 10 | 10 | 100 |
| 7. | UPT Layanan Internasional | 4 | 10 | 40 |
| 8. | LPPM | 39 | 10 | 390 |
| 9. | LPPPM | 19 | 10 | 190 |
| 10. | LPTIK | 25 | 10 | 250 |
| Kebutuhan Total | | | 232 | 2.320 |

Sumber: Kurniadi, 2023

4.2.5 Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih Universitas Jambi

Hasil perhitungan kebutuhan air bersih di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi selama tahun desain dapat dilihat pada **Tabel 17** berikut.

Tabel 17. Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih

| No. | Parameter | Tahun desain 2031 |
|-----|--|----------------------|
| 1. | Jumlah civitas (orang) | 37.788 |
| 2. | Kebutuhan gedung perkuliahan (liter/hari) | 377.960 |
| 3. | Kebutuhan gedung atau fasilitas non-perkuliahan (liter/hari) | 176.965 |
| 4. | Kebutuhan air bersih total (liter/hari) | 554.926 |
| 5. | Kebocoran (20%) (liter/hari) | 110.985 |
| 6. | Kebutuhan air rata-rata harian (liter/hari) | 665.910 |
| 7. | Kebutuhan air rata-rata harian (liter/detik) (10 jam) | 18,4975 |

Sumber: Kurniadi, 2023

Kebutuhan air bersih total untuk Kampus Pinang Masak Universitas Jambi adalah sebesar 665.910 liter/hari atau 18,4975 liter/detik atau 19.977 m³/bulan

4.2.6 Fluktuasi Pemakaian Air Bersih

Perhitungan kebutuhan harian maksimum

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. Kebutuhan Hari Maksimum adalah kebutuhan air dalam satu hari yang terbesar dalam kurun waktu satu tahun. Faktor kebutuhan harian maksimum berkisar antara 1,1 – 1,3. Faktor yang digunakan yakni sebesar 1,1. Persamaan perhitungan kebutuhan air bersih harian maksimum.

$$Q_{md} = Q_{rata-rata} \times F_{md} \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan:

Q_{md} = Kebutuhan harian maksimum

F_{md} = 1,1 – 1,3

Berikut adalah perhitungan kebutuhan air bersih harian maksimum.

$$Q_{rata-rata} = 18,4975 \text{ liter/detik}$$

$$Q_{md} = 18,4975 \times 1,1$$

$$Q_{md} = 20,347 \text{ liter/detik}$$

Perhitungan Kebutuhan Puncak

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. Kebutuhan Jam Puncak adalah kebutuhan air dalam satu jam yang terbesar dalam kurun waktu satu hari. Nilai faktor jam puncak berkisar antara 1,15 – 3. Faktor yang digunakan yakni sebesar 1,5. Persamaan perhitungan kebutuhan air bersih jam puncak.

$$Q_p = Q_{\text{rata-rata}} \times F_p$$

Keterangan:

$$Q_p = \text{Kebutuhan jam maksimum}$$

$$F_p = 1,15 - 3$$

Berikut adalah perhitungan kebutuhan air bersih pada jam puncak.

$$Q_{\text{rata-rata}} = 18,49 \text{ liter/detik}$$

$$Q_p = 18,49 \times 1,5$$

$$Q_p = 27,73 \text{ liter/detik}$$

4.3 Analisis Kuantitas Air Baku

4.3.1 Air baku dari perhitungan curah hujan

Penyediaan air bersih di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi pemanfaatan air baku yang bersumber dari air tanah dan air hujan yang ditampung pada kolam penampungan maupun saluran drainase. Banyaknya air baku yang ditampung tergantung pada suhu, kelembaban, tingkat penyinaran matahari, tingkat evaporasi, tinggi hujan, jumlah hari hujan.

Analisa kuantitas air baku pada perancangan ini menggunakan metode perhitungan volume limpasan air hujan. Perhitungan ini bertujuan memperkirakan tersedianya air baku pada Kampus Pinang Masak Universitas Jambi untuk memenuhi kebutuhan air bersih Kampus Pinang Masak Universitas Jambi. Perhitungan volume air permukaan karena pengaruh air hujan harus diketahui nilai koefisien hujan efektif nya (C), nilai koefisien hujan efektif dipengaruhi oleh jenis permukaan. Untuk mengetahui nilai koefisien hujan efektif rata-rata harus diketahui persentase tiap jenis permukaan. Kampus Pinang Masak Universitas Jambi terletak pada daerah dengan level muka air yang rendah, sehingga kemampuan dalam menyerap air yang cukup tinggi, hal ini mengakibatkan nilai koefisien hujan efektif yang relatif rendah, maka nilai koefisien hujan efektif yang akan digunakan dalam analisis kuantitas air baku sebesar 40% dimana air hujan yang masuk dalam sistem drainase yaitu sebanyak 40%.

Untuk mengetahui rata-rata curah hujan tiap bulan diperlukan data tinggi hujan 5 tahun terakhir. Periode pencatatan data curah hujan rata-rata tiap bulan pada tahun 2016-2021 tersaji pada **Tabel 18** berikut.

Tabel 18. Data Curah Hujan Periode 2016 - 2021

| Bulan | Tinggi Hujan (mm/bulan) | | | | | | Rata-rata |
|--------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | |
| Januari | 244,4 | 185,5 | 174,1 | 290,1 | 186 | 183 | 210,5 |
| Februari | 248 | 148,1 | 175,6 | 371 | 166,8 | 60,9 | 195,1 |
| Maret | 244,9 | 287,5 | 439,4 | 221,3 | 212,4 | 411,3 | 302,8 |
| April | 128,2 | 516,5 | 341,8 | 399,1 | 250,6 | 437,5 | 345,6 |
| Mei | 266,6 | 321,4 | 349,7 | 183,2 | 328,8 | 320,1 | 295,0 |
| Juni | 74 | 231,6 | 90,4 | 126 | 170,5 | 169,7 | 143,7 |
| Juli | 70,9 | 143,8 | 29 | 63 | 154,5 | 273,9 | 122,5 |
| Agustus | 192,3 | 147,2 | 75,7 | 80,5 | 216,7 | 164 | 146,1 |
| September | 59,8 | 148,2 | 161,2 | 39,3 | 207,7 | 336,4 | 158,8 |
| Oktober | 165,3 | 250,4 | 112,6 | 158,9 | 287,1 | 294,1 | 211,4 |
| November | 498,9 | 350,3 | 371,6 | 160,9 | 275,5 | 348,9 | 334,4 |
| Desember | 125,8 | 248 | 322,3 | 185,4 | 447 | 251,4 | 263,3 |
| Total | 2319,1 | 2978,5 | 2643,4 | 2278,7 | 2903,6 | 3251,2 | 2729,1 |

Sumber: Stasiun Meteorologi Provinsi Jambi

Kondisi eksisting saluran drainase dan kolam penampungan yang terletak di Kampus pinang masak universitas jambi memiliki luas limpasan 100,1 ha. Perlu dilakukan analisis kuantitas air secara menyeluruh pada wilayah kampus pinang masak universitas jambi untuk mengetahui potensi air bakunya. Berikut perhitungan volume hujan efektif yang direncanakan:

Diketahui:

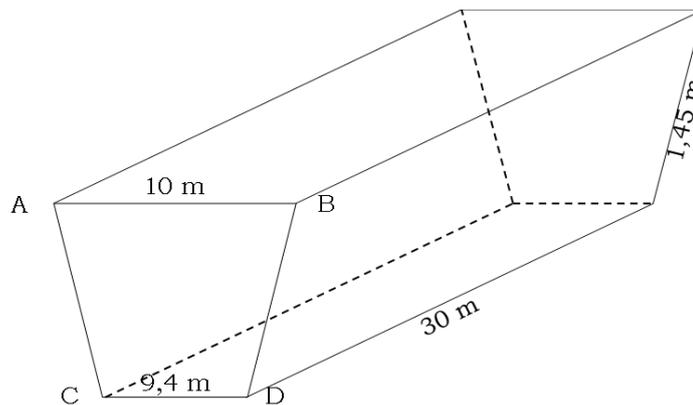
- a. Curah hujan : 345,6 mm/bulan
b. Luas wilayah : 100,1 ha
c. Koefisien C : 0,4
d. Volume hujan efektif $= C \times R \times A$
 $= 0,4 \times 345,6 \frac{mm}{bulan} \times 1.001.000 m^2$
 $= 138.378 \frac{m^3}{bulan}$
e. Selisih volume $= V_{hujan\ efektif} - V_{kebutuhan}$
 $= 138.378 \frac{m^3}{bulan} - 20.893 \frac{m^3}{bulan}$
 $= 117.485 \frac{m^3}{bulan}$

Hasil perhitungan analisis kuantitas air baku setiap bulan dapat dilihat pada **Tabel 19** berikut.

Tabel 19. Hasil perhitungan kuantitas air baku eksisting

| Bulan | Curah hujan (mm/bulan) | C | Luas wilayah (m ²) | Volume (m ³) | Kebutuhan air (m ³) | Sisa (m ³) |
|-----------|------------------------|-----|--------------------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------|
| Januari | 210,5 | 0,4 | 1.001.000 | 84.284 | 20.893 | 63.391 |
| Februari | 195,1 | 0,4 | 1.001.000 | 78.118 | 20.893 | 57.225 |
| Maret | 302,8 | 0,4 | 1.001.000 | 121.241 | 20.893 | 100.348 |
| April | 345,6 | 0,4 | 1.001.000 | 138.378 | 20.893 | 117.485 |
| Mei | 295,0 | 0,4 | 1.001.000 | 118.118 | 20.893 | 97.225 |
| Juni | 143,7 | 0,4 | 1.001.000 | 57.537 | 20.893 | 36.644 |
| Juli | 122,5 | 0,4 | 1.001.000 | 49.049 | 20.893 | 28.156 |
| Agustus | 146,1 | 0,4 | 1.001.000 | 58.498 | 20.893 | 37.605 |
| September | 158,8 | 0,4 | 1.001.000 | 63.584 | 20.893 | 42.691 |
| Oktober | 211,4 | 0,4 | 1.001.000 | 84.645 | 20.893 | 63.752 |
| November | 334,4 | 0,4 | 1.001.000 | 133.874 | 20.893 | 112.981 |
| Desember | 263,3 | 0,4 | 1.001.000 | 105.425 | 20.893 | 84.532 |
| Total | | | | 1.092.725 | 250.716 | 842.036 |

4.3.2 Air Baku Dari Perhitungan Air Permukaan



Gambar 7. Kolam Penampungan Air Hujan

Sumber: Pengukuran Pribadi, 2021

Diketahui:

- f. Tinggi muka air awal : 22,5 cm
- g. Tinggi muka air akhir : 27,5 cm
- h. Kenaikan muka air : 5 cm
- i. Waktu kenaikan air : 20 menit
- j. Volume kenaikan air

$$= \frac{(AB + CD) \times h}{2} \times DE$$

$$= \frac{(10 \text{ m} + 9,4 \text{ m}) \times 0,05 \text{ m}}{2} \times 30 \text{ m}$$

$$= 14,55 \text{ m}^3$$
- k. Debit kolam

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{14,55 \text{ m}^3}{1200 \text{ s}}$$

$$Q = 12,125 \text{ L/s}$$

Berdasarkan hasil analisis kuantitas air baku secara menyeluruh di wilayah kampus pinang masak universitas jambi, tidak terdapat defisit air

baku. Yang artinya air baku yang tersedia bisa mencukupi kebutuhan air di kampus pinang masak universitas jambi.

4.4 Analisis Kualitas Air Baku

Hasil Analisa kualitas air baku tersaji pada lampiran 2. Analisis kualitas air baku dilakukan untuk mengetahui alternatif pengolahan air yang akan dirancang di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi. Sampel air permukaan yang merupakan sumber air baku diteliti di laboratorium untuk melihat kualitas air. Hasil laboratorium menunjukkan kadar Ph, bakteri E. Coli dan total coliform tidak sesuai dengan PERMENKES No. 2 Tahun 2023. Pemilihan parameter ditentukan berdasarkan pengamatan awal pada air baku yang digunakan. Dari hasil analisa kualitas air baku yang diperoleh maka dapat ditentukan instalasi pengolahan yang akan dirancang. Instalasi pengolahan yang direncanakan adalah instalasi pengolahan air sebagian meliputi *Intake*, Filtrasi, Desinfeksi dan Reservoar.

4.5 Perencanaan Unit Instalasi Pengolahan Air Bersih

Perencanaan IPA di Kampus Pinang Masak Universitas Jambi dengan kapasitas debit berdasarkan kebutuhan air maksimum yaitu 20,347 l/s.

4.5.1 Intake

Intake berfungsi sebagai bangunan penyadap air baku yang kemudian akan dialirkan ke instalasi pengolahan. *Intake* pada perancangan ini akan di bangun di sisi kolam penampungan dengan tipe *river intake*. Bangunan penyadap ini direncanakan akan memenuhi kebutuhan maksimum dari rencana penyediaan air bersih Kampus Pinang Masak Universitas Jambi yaitu sebesar 20,347 l/s.

Direncanakan:

- a. Debit : 20,347 l/s
- b. Pipa hisap : 2 unit
- c. Kecepatan aliran : 1 m/s
- d. Elevasi dasar : 1 m dari elevasi dasar kolam
- e. Pompa : sentrifugal

Perhitungan:

1. Bar screen

Sebelum melalui pipa sadap, terlebih dahulu air baku harus melewati bar screen agar sampah pada air tidak ikut masuk ke pipa sadap dan mengganggu kinerja unit lainnya.

Kriteria Desain:

Tabel 20. Kriteria Desain *Bar Screen*

| Keterangan | Kawamura | Droste | Reynold | Metcalf | Qasim |
|------------------------------------|-----------------|---------------|----------------|----------------|--------------|
| Kecepatan (m/s) | <0,6 | <0,6 | | 0,3-0,6 | 0,3-0,6 |
| Kemiringan <i>bar screen</i> (°) | 60 | | 30-75 | 30-45 | 45-60 |
| Tebal <i>bar screen</i> (cm) | 1,25-2 | 2-5 | 1,25-3,8 | 5-15 | |
| Jarak antar <i>bar screen</i> (cm) | 5-7,5 | 5-15 | 2,5-5 | 2,5-5 | 0,4-0,8 |
| H:L | | 1:2 | | | 2,5-7,5 |
| <i>Headloss</i> | | 7,5-15 | | 15 | 15 |

Data perencanaan:

- a. Debit perencanaan : 20,347 l/s
- b. Jarak antar bar (b) : 25 mm
- c. Tebal bar (w) : 12,5 mm
- d. Kecepatan aliran (v) : <0,6 m/s
- e. Lebar saluran (asumsi) : 1 m

Perhitungan:

- a. Jumlah bar

$$L = n \times w + (n + 1)b$$

$$1 \text{ m} = (n \times 0,0125 \text{ m}) + (n + 1)0,025 \text{ m}$$

$$n = 26 \text{ batang}$$

- b. Lebar bukaan total

$$L' = L - n \times w$$

$$L' = 1 \text{ m} - (26 \times 0,0125 \text{ m})$$

$$= 0,7 \text{ m}$$

- c. Luas penampang bar

$$A = L \times L'$$

$$= 1 \text{ m} \times 0,7 \text{ m}$$

$$= 0,7 \text{ m}^2$$

- d. Kecepatan aliran

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,020347 \text{ m}^3/\text{s}}{0,7 \text{ m}^2}$$

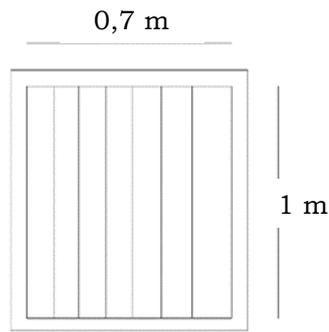
$$v = 0,03 \text{ m/s (memenuhi)}$$

- e. Panjang bar screen

$$P = \frac{A}{L}$$

$$P = \frac{0,7 \text{ m}^2}{1 \text{ m}}$$

$$P = 0,7 \text{ m}$$



Gambar 8. Sketsa Bar Screen

2. *Strainer*

Merupakan saringan halus yang diletakkan pada pipa sadap yang ada pada sumur intake yang direncanakan berjumlah 2 buah, kriteria desain yang digunakan yaitu bukaan lubang saringan (dbl) = 10 mm dan kecepatan aliran yang melewati strainer 0,15 – 0,3 m/s. strainer direncanakan diletakkan 1 m dibawah muka air minimum dan menggunakan pompa sentrifugal.

a. Luas penampang efektif

$$A_{ef} = \frac{Q}{v}$$

$$A_{ef} = \frac{0,20347 \text{ m}^3/s}{0,15 \text{ m/s}}$$

$$A_{ef} = 0,135 \text{ m}^2$$

b. Luas total permukaan strainer

$$A_{gross} = 2 \times A_{ef}$$

$$A_{gross} = 2 \times 0,135 \text{ m}^2$$

$$A_{gross} = 0,267 \text{ m}^2$$

c. Luas bukaan saringan

$$A' = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A' = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A' = \frac{\pi(0,01 \text{ m})^2}{4}$$

$$A' = 7,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

d. Cek kecepatan strainer

$$v = \frac{Q}{A_{ef}}$$

$$v = \frac{0,20347 \text{ m}^3/s}{0,135 \text{ m}^2}$$

$$v = 0,15 \text{ m/s} \quad (\text{memenuhi})$$

e. Jumlah lubang strainer

$$n = \frac{Aef}{A'}$$
$$n = \frac{0,135 \text{ m}^2}{7,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2}$$
$$n = 1720 \text{ buah}$$

3. Pipa hisap

a. Debit pipa hisap

$$Q \text{ tiap pipa} = \frac{0,020347 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{2} = 0,0101735 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 36,6246 \text{ m}^3/\text{j}$$

b. Luas penampang pipa hisap

$$A = \frac{Q}{v}$$
$$A = \frac{0,0101735 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ m/s}}$$
$$A = 0,0101735 \text{ m}^2$$

c. Diameter pipa hisap

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$
$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,0101735 \text{ m}^2}{\pi}}$$
$$D = 0,12 \text{ m} \approx 5 \text{ inch}$$

Digunakan pipa di pasaran dengan diameter 0,125 m (5 inch)

d. Cek kecepatan aliran pipa hisap

$$v = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}$$
$$v = \frac{0,0101735 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \times \pi \times (0,125 \text{ m})^2}$$
$$v = 1,15 \text{ m/s} \quad (\text{Memenuhi } 0,6 - 2,5 \text{ m/s})$$

4. Pipa transmisi

a. Luas penampang pipa transmisi

$$A = \frac{Q}{v}$$
$$A = \frac{0,020347 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ m/s}}$$
$$A = 0,020347 \text{ m}^2$$

b. Diameter pipa transmisi

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,020347 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$D = 0,160 \text{ m} \approx 6 \text{ inch}$$

Digunakan pipa dipasaran dengan diameter 0,150 m (6 inch)

c. Cek kecepatan aliran pipa transmisi

$$v = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}$$

$$v = \frac{0,020347 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \times \pi \times (0,150 \text{ m})^2}$$

$$v = 1,15 \text{ m/s} \quad (\text{Memenuhi } 0,6 - 1,5 \text{ m/s})$$

5. Sumur Pengumpul

Sumur pengumpul berfungsi untuk mempermudah pemeliharaan, direncanakan sumuran berbentuk persegi sebanyak 1 buah dengan waktu tunggu direncanakan 20 menit, kedalaman sumur 1,5 m dibawah muka air terendah. Jumlah pipa sadap pada tiap sumur direncanakan sebanyak 2 buah karena level air yang fluktuatif.

a. Debit sumur

$$Q = 0,020347 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Volume sumur

$$V = Q \times td$$

$$V = 0,020347 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 20 \text{ menit} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ menit}}$$

$$V = 24,5 \text{ m}^3$$

c. Tinggi efektif

$$H_{ef} = H_{wl} + \text{dasar sumur}$$

$$H_{ef} = 2 + (1 - 0,25) \text{ m} = 2,75 \text{ m}$$

d. Tinggi total

$$H_{total} = H_{ef} + \text{freeboard}$$

$$H_{total} = 2,75 \text{ m} + 0,5 \text{ m}$$

$$H_{total} = 3,25 \text{ m}$$

e. Dimensi sumur

$$A = P^2$$

$$A = \frac{\text{volume}}{H_{ef}}$$

$$A = \frac{24,5 \text{ m}^3}{2,75 \text{ m}}$$

$$A = 8,9 \text{ m}^2$$

$$P = \sqrt{A}$$

$$P = \sqrt{8,9 \text{ m}^2}$$

$$P = 2,98 \text{ m}$$

f. Check waktu detensi

$$td = \frac{V}{Q}$$

$$td = \frac{24,5 \text{ m}^3}{0,020347 \text{ m}^3/\text{s} \times 60 \text{ s/menit}}$$

$$td = 20 \text{ menit}$$

$$td \text{ asumsi} \approx td \text{ check} \quad (\text{memenuhi})$$

6. Pompa transmisi

Pompa yang digunakan pada perancangan ini adalah pompa sentrifugal. Menggunakan dua unit pompa intake yang beroperasi secara bergantian dan diatur dengan *gate valve*. Kapasitas pompa yang direncanakan yaitu 20,347 l/s. Dari perhitungan pipa transmisi diatas diketahui bahwa diameter pipa transmisi (d) 0,15 m, kecepatan aliran (v) 1,15 m/s, jarak dari pompa ke bangunan pengolahan air 380 m. pada pipa transmisi ini juga menggunakan perlengkapan pipa yang mempunyai koefisien aksesoris yaitu:

$$\text{Koefisien Bend } 11,25 = 0,0455$$

$$\text{Koefisien Bend } 22,5 = 0,0788$$

$$\text{Koefisien Bend } 45 = 0,195$$

$$\text{Koefisien Gate valve} = 0,120^*$$

$$\text{Koefisien Check valve} = 0,750^*$$

$$\text{Koefisien Air Valve} = 0,007^*$$

$$\text{Kontraksi} = 0,143^*$$

$$\text{Ekspansi} = 0,277^*$$

Sumber: *Mc Ghee, 1991

a. Debit pompa

$$Q \text{ tiap pipa} = \frac{0,020347 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{2} = 0,0101735 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,61 \text{ m}^3/\text{menit}$$

b. Headloss pipa

Headloss mayor dan Headloss minor dihitung dengan rumus berikut (Al-Layla, 1977):

$$\text{Headloss minor} = K \times \frac{v^2}{2g}$$

$$Headloss\ mayor = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$\Delta H\ total = Headloss\ minor + Headloss\ mayor$$

keterangan:

Headloss minor = kehilangan energi akibat aksesoris (m)

K = koefisien aksesoris

v = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi; 9,81 (m/s²)

Headloss mayor = kehilangan energi akibat gesekan sepanjang pipa (m)

f = faktor gesekan 0,02

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

c. *Headloss* mayor

$$H_{mayor} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{mayor} = 0,02 \times \frac{380\ m}{0,15\ m} \times \frac{(1,15\ m/s)^2}{2 \times 9,81}$$

$$H_{mayor} = 3,415\ m$$

d. *Headloss* minor

$$\begin{aligned} H_{minor; gate\ valve\ (2)} &= K \times \frac{v^2}{2g} \times n \\ &= 0,12 \times \frac{(1,15\ m/s)^2}{2 \times 9,81} \times 2 \\ &= 0,016\ m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{minor; check\ valve} &= 0,75 \times \frac{(1,15\ m/s)^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,05\ m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{minor; bend\ 11,5\ (12)} &= 0,0455 \times \frac{(1,15\ m/s)^2}{2 \times 9,81} \times 12 \\ &= 0,037\ m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{minor; bend\ 22,5\ (5)} &= 0,0788 \times \frac{(1,15\ m/s)^2}{2 \times 9,81} \times 5 \\ &= 0,027\ m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Total\ headloss\ minor &= (0,016 + 0,05 + 0,037 + 0,027)\ m \\ &= 0,13\ m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Total\ headloss &= Headloss\ mayor + Headloss\ minor \\ &= 3,415\ m + 0,13\ m \\ &= 3,545\ m \end{aligned}$$

e. Head Pompa

$$\begin{aligned} \text{Headloss statis} &= \text{elevasi pipa di reservoir} - \text{elevasi pipa di intake} \\ &= 49 \text{ m} - 40 \text{ m} \\ &= 9 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Head pompa} &= \text{headloss statis} + \text{headloss total} + \frac{v^2}{2g} \\ &= 9 \text{ m} + 3,6 \text{ m} + \frac{(1,15 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81} \\ &= 9 \text{ m} + 3,6 \text{ m} + 0,67 \text{ m} \approx 13,3 \text{ m} \end{aligned}$$

f. Daya pompa

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H}{\eta}$$

$$P = \frac{9810 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,0101735 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 13,3 \text{ m}}{0,8}$$

$$P = 1.659,2 \text{ W}$$

$$P = 1,6592 \text{ kW}$$

4.6 Desain Saringan Pasir Lambat

Proses pengolahan air bersih direncanakan dengan instalasi saringan pasir lambat yang terdiri dari bangunan penyadap, bak retensi, saringan pasir lambat dan reservoir. Perencanaan SPL memenuhi kriteria dan perhitungan berdasarkan SNI 3981 Tahun 2008 sebagai berikut :

a) Kecepatan penyaringan 0,1 m/jam s/d 0,4 m/jam.

b) Panjang bak (P) : lebar bak (L) = 2 : 1.

c) Jumlah bak minimal dua buah

a. Debit saringan pasir lambat

$$Q_{md} = 0,020347 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q \text{ tiap SPL} = \frac{0,020347 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{2} = 0,0101735 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 36,6246 \text{ m}^3/\text{j}$$

b. Luas permukaan saringan pasir lambat

$$A = \frac{Q}{V}$$

Dengan :

Q = Debit air baku

V = kecepatan penyaringan

A = Luas permukaan bak SPL

Maka :

$$A = \frac{36,6246 \text{ m}^3/\text{j}}{0,33 \text{ m/j}}$$

$$A = 111 \text{ m}^2$$

c. Panjang dan lebar saringan pasir lambat

$$A = P \times L$$

Dengan :

A = Luas permukaan saringan pasir lambat

P = Panjang saringan pasir lambat

L = Lebar saringan pasir lambat

Untuk perbandingan panjang dan lebar bak adalah 2 : 1

Maka :

$$P = 2 \times L$$

Jadi:

$$A = 2 \times L^2$$

$$L = \sqrt{\frac{1}{2} \times A}$$

$$L = \sqrt{\frac{1}{2} \times 111 \text{ m}^2}$$

$$L = 7,5 \text{ m}$$

$$P = 2 \times L$$

$$P = 2 \times 7,5 \text{ m}$$

$$P = 15 \text{ m}$$

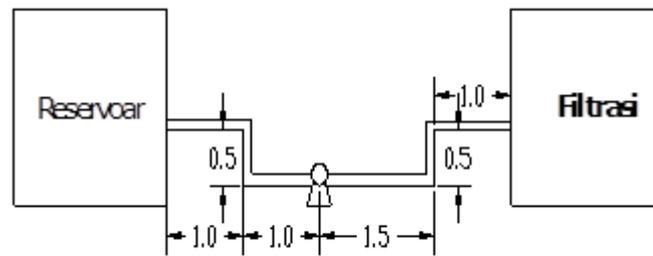
d. Kedalaman saringan pasir lambat

Desain saringan pasir lambat ini memiliki luas permukaan 111 m² dengan panjang 15 m dan lebar 7,5 m. Untuk menentukan kedalaman saringan pasir lambat, harus ditentukan terlebih dahulu kedalaman air nya. Kedalaman saringan pasir lambat disesuaikan dengan SNI 3981:2008 seperti terlihat pada **Tabel 21** pada bab sebelumnya. Berikut perencanaan kedalaman saringan pasir lambat yang akan digunakan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Tabel 21. Perencanaan Kedalaman Saringan Pasir Lambat

| No | Kedalaman (D) | Ukuran Kriteria (m) | Ukuran Perencanaan (m) |
|----|-----------------------------------|----------------------|------------------------|
| 1 | Tinggi bebas (<i>freeboard</i>) | 0.20 s/d 0.30 | 0,3 |
| 2 | Tinggi air di atas media pasir | 1.00 s/d 1.50 | 1,2 |
| 3 | Tebal media pasir | 0.60 s/d 1.00 | 1 |
| 4 | Tebal kerikil penahan | 0.15 s/d 0.30 | 0,3 |
| 5 | Saluran pengumpul bawah | 0.10 s/d 0.20 | 0,2 |
| | Total | 2.05 s/d 3.30 | 3,0 |

Sumber: SNI 3981:2008



Gambar 9. Sketsa Perencanaan Filtrasi

4.7 Teknik Operasional Instalasi Saringan Pasir Lambat

4.7.1 Sistem Kerja Instalasi Saringan Pasir Lambat

Instalasi saringan pasir lambat yang banyak digunakan adalah saringan pasir lambat dengan arah aliran dari atas ke bawah "*down flow*", sehingga jika kekeruhan air baku naik biasanya pada musim hujan, maka beban filter akan lebih berat dan terjadi penyumbatan/*clogging* pada media pasir. Maka diperlukan pencucian pada media filter secara berkala, sehingga membutuhkan tenaga ekstra.

Untuk meringankan beban kerja instalasi saringan pasir lambat, perlu dilengkapi dengan pengolahan pendahuluan seperti prasedimentasi atau mengganti sistem saringan pasir lambat dengan arah aliran dari bawah keatas "*Up Flow*" menggunakan batu pecah atau kerikil sebagai media penahan, dan pasir silika/kuarsa sebagai media penyaring. Secara umum, instalasi saringan pasir lambat *Up Flow* tersusun atas:

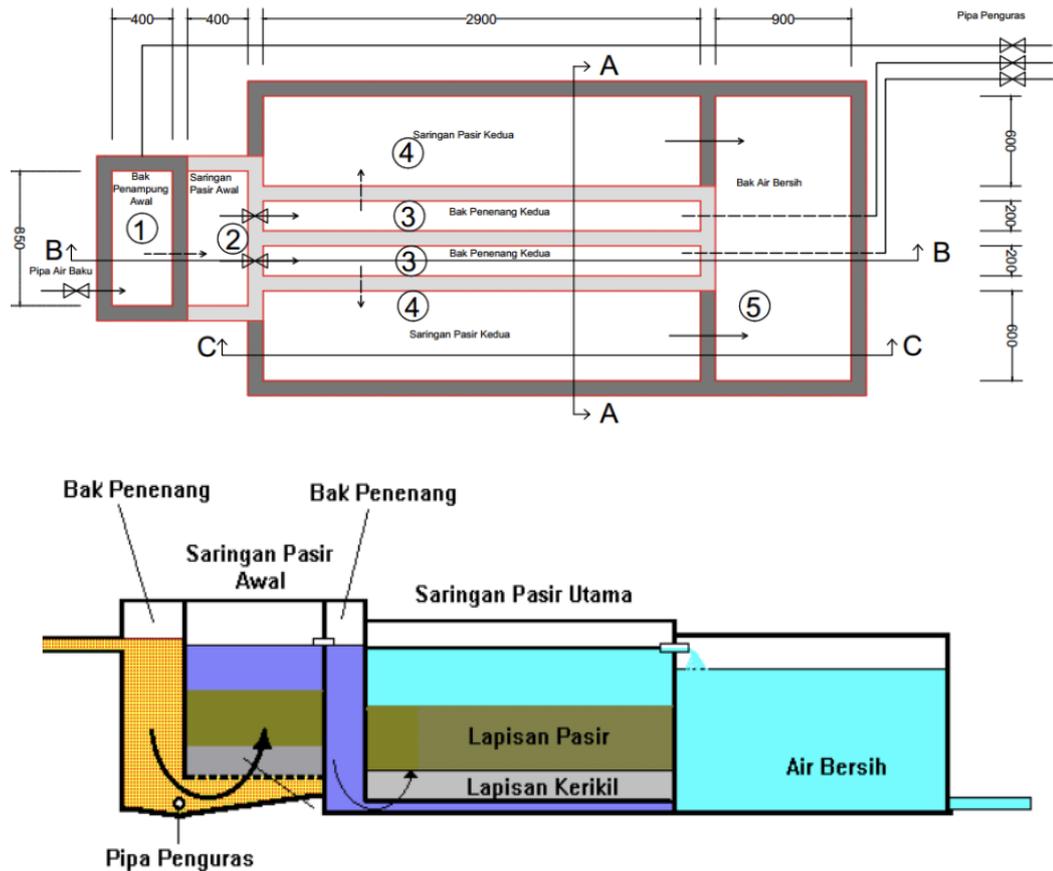
- a. Bak retensi/bak penenang
- b. Saringan awal
- c. Saringan utama
- d. Penampung air bersih
- e. Perpipaan, kran, sambungan dll.

Tahapan proses pengolahan air dengan instalasi saringan pasir lambat adalah sebagai berikut:

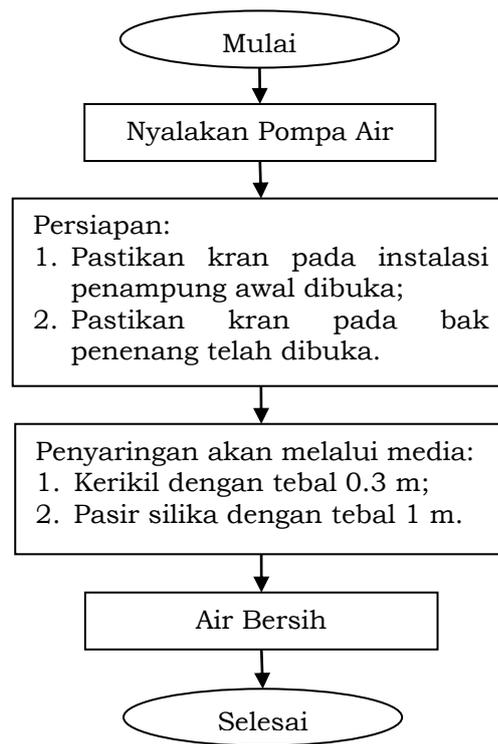
1. Air dari pipa transmisi kemudian ditampung ke dalam bak retensi;
2. Kemudian air dialirkan ke saringan awal atau media penahan (kerikil dan silika) dengan aliran dari bawah keatas/*up flow*;
3. Setelah itu alir dialirkan ke dalam bak retensi kedua;
4. Kemudian air dialirkan ke samping dan melalui saringan utama dengan ketebalan media kerikil 0,3 m dan pasir silika 1 m;
5. Air akan melewati tahap klorinasi sebelum akhirnya masuk ke reservoir dan didistribusikan ke wilayah Kampus Pinang Masak Universitas Jambi.

Instalasi saringan pasir lambat dengan sistem *up flow* dipilih dengan pertimbangan apabila instalasi sampai pada titik jenuh/mampat, dapat dilakukan *backwash* dengan cara membuka kran penguras pada bagian bawah instalasi dan air bersih yang ada di bagian atas instalasi akan berfungsi sebagai air pencuci media filter. Dengan begitu proses *backwash* pada instalasi ini dilakukan tanpa perlu mengeluarkan media filter.

Tahapan proses pengolahan air ini dapat diilustrasikan seperti pada **Gambar 10** dan **Gambar 11** dibawah ini:



Gambar 10. Tahapan Proses Pengolahan Air Saringan Pasir Lambat

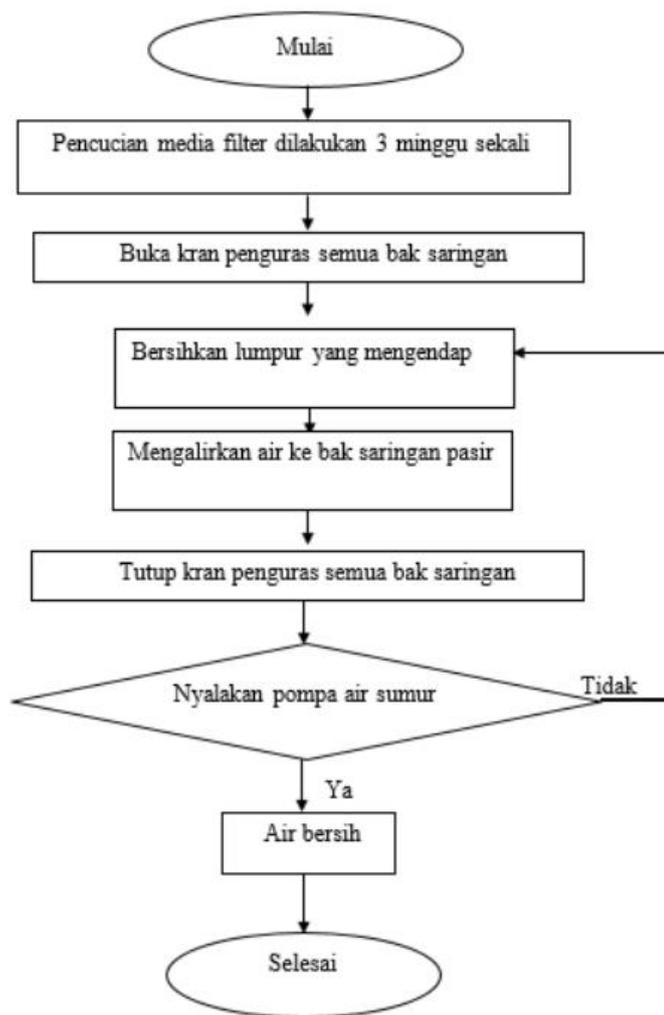


Gambar 11. Skema Sistem kerja Instalasi Saringan Pasir Lambat

4.7.2 Sistem Perawatan Instalasi Pengolahan Saringan Pasir Lambat

Beberapa hal yang harus diperhatikan pada pengoperasian instalasi saringan pasir lambat yaitu sebagai berikut:

1. Kecepatan aliran air harus disesuaikan dengan kriteria perencanaan;
2. Proses *backwash* dilakukan minimal 3 s/d 4 minggu setelah operasi;
3. Proses *backwash* dilakukan dengan membuka kran penguras pada instalasi pengolahan, kemudian air diatas media filter akan turun dan otomatis membersihkan lumpur yang mengendap pada bagian dasar instalasi. Proses *backwash* secara rinci ditampilkan pada **Gambar 12** dibawah ini:



Gambar 12. Skema Proses *Backwash*

4.8 Perencanaan Desinfeksi Gas Klor

Proses klorinasi dilakukan dengan cara injeksi gas pada inlet reservoir, karena wilayah pelayanan yang sempit sehingga dimungkinkan waktu kontak klor dengan air olahan tidak memenuhi apabila di injeksikan pada pipa distribusi. Dosis injeksi gas klor dihitung berdasarkan debit kebutuhan maksimum. Dosis injeksi klor tidak berpengaruh pada desain dan konstruksi. Direncanakan:

- | | |
|-----------------------------|--------------|
| a. Debit maksimum | : 20,347 l/s |
| b. Sisa klor | : 0,3 mg/l |
| c. Kadar klor | : 99 % |
| d. Kapasitas tabung | : 75 kg |
| e. Dosis klor optimum (BPC) | : 2,61mg/l |

Perhitungan:

- | | |
|---------------|-----------------------------|
| a. dosis klor | = dosis optimum + sisa klor |
| | = 2,61 mg/l + 0,3 mg/l |
| | = 2,91 mg/l |

- b. kebutuhan klor = 2,91 mg/l x 20,347 l/s
= 59,21 mg/s
= 2,13 kg/hari
- c. lama pergantian tabung = 75 kg/2,13 kg/hari
= 35 hari

4.9 Perencanaan Unit Reservoir

Reservoir berfungsi sebagai bak penampung air hasil produksi karena debit air produksi yang konstan sedangkan debit kebutuhan air yang berubah-ubah. Instalasi pengolahan air Kampus Pinang Masak Universitas Jambi ini direncanakan untuk kegiatan akademik dalam Kampus maka perhitungan dimensi reservoir menggunakan jam kerja efektif Kampus, sedangkan di luar jam kerja kebutuhan air jauh menurun atau hampir tidak ada maka pada saat itu air produksi akan disimpan di reservoir. Kampus Pinang Masak Universitas Jambi memiliki jam kerja efektif dari pukul 07.00 s/d 17.00 atau selama 10 jam. Sketsa rencana desain reservoir dan rumah pompa dapat dilihat pada

Gambar 9.

1. Dimensi Reservoir

Direncanakan:

- a. Waktu aktivitas (T_{Kampus}) = 10 jam/hari
- b. Waktu produksi (T_{IPAB}) = 20 jam/hari
- c. Debit produksi (Q_p) = 27,73 l/s
- d. Kedalaman reservoir = 6 m
- e. P : L = 2 : 1
- f. Jumlah baffle = asumsi 3 buah
- g. Jumlah bak = 2 buah
- h. *Freeboard* = 0,5 m

Perhitungan:

- a. Volume reservoir = $(T_{\text{IPAB}} - T_{\text{Kampus}}) \times Q_p$
= (20 jam - 10 jam) x 0,02773 m³/s
= 998,28 m³
- b. Volume masing-masing bak = $V/2$
= 998,28 m³ / 2
= 499,14 m³
- c. Lebar bak $V = P \times L \times t$
 $499,14 \text{ m}^3 = 2L \times L \times 6 \text{ m}$
 $L = 6,5 \text{ m}$
- d. Panjang bak $P = 2 \times 6,5 \text{ m}$
 $P = 13 \text{ m}$
- e. Total tinggi bak = 6 m + 0,5 m
= 6,5 m
- f. Debit masing-masing bak $Q_r = \frac{Q}{2}$
 $Q_r = \frac{0,02773 \text{ m}^3/\text{s}}{2}$
 $Q_r = 0,013865 \text{ m}^3/\text{s}$
- g. Pipa *inlet*, *outlet*, *overflow* dan pipa penguras = asumsi 150 mm

h. Cek kecepatan

$$v = \frac{Q_r}{A}$$
$$v = \frac{0,013865 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \times \pi \times (0,15 \text{ m})^2}$$

i. Jarak antar baffle

$$v = 0,785 \text{ m/s}$$
$$= \frac{\text{Panjang bak}}{\text{jumlah saluran}}$$
$$= \frac{13 \text{ m}}{4} = 3,25 \text{ m}$$

j. Luas antar baffle

$$L = \text{jarak antar baffle} \times \text{tinggi bak}$$

$$L = 3,25 \text{ m} \times 6,5 \text{ m}$$

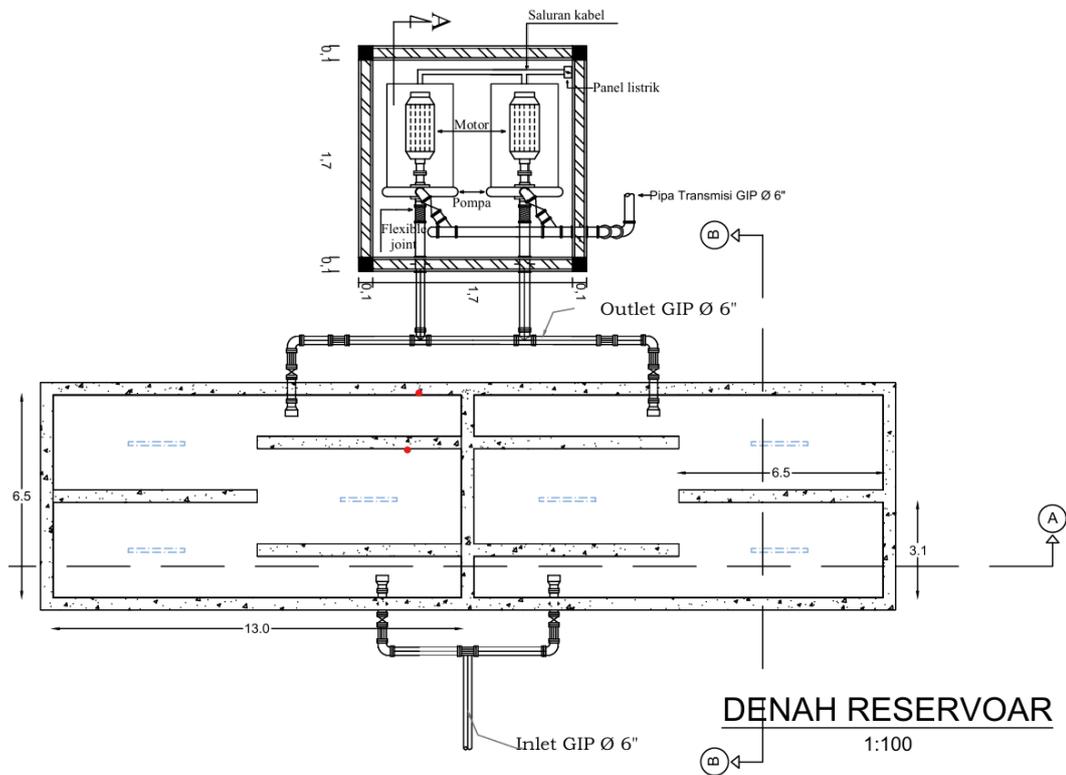
$$L = 21,125 \text{ m}^2$$

k. Panjang saluran antar baffle

$$= \text{lebar bak} \times \text{jumlah saluran}$$

$$= 6,5 \text{ m} \times 4$$

$$= 26 \text{ m}$$



Gambar 13. Sketsa Rencana Unit Reservoir