

Kajian Perancangan Sand Filter pada Unit Purifier Tank Area Water Pretreatment Plant

Fajar Timori *

Magister Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya,
Palembang, 30139
fajar.timori@gmail.com
*Corresponding Author

Hasan Basri

Magister Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya,
Palembang, 30139
hasan_basri@unsri.ac.id

Abstrak— Pembangkit Listrik Tenaga Uap merupakan pembangkit listrik yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah generator yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh tenaga kinetik dari uap panas. Bahan baku utama salah satunya kebutuhan air yang diproses menjadi air demineral pada Boiler. Pada pembangkit listrik tenaga uap, air sebagai produk utama telah melalui beberapa proses untuk menjaga keandalan peralatan pembangkit. Air pengolahan tersebut yang digunakan untuk menghasilkan steam. Pada pembangkit listrik dilengkapi dengan Water Treatment Plant yang terdiri dari dua unit utama yaitu Unit Purifier dan Demin Plant. Salah satu upaya untuk menjaga kemurnian air adalah dengan pembangunan Unit Sand Filter dengan Type Saringan Pasir Lambat Up Flow pada area Purifier Tank.

Kata Kunci— Water Pretreatment, Sand Filter, Saringan Pasir Lambat Up Flow

I. PENDAHULUAN

Pada era yang ada saat ini hampir keseluruhan manusia menggunakan dan mengembangkan sistem-sistem teknologi yang berprinsip manual dan digital. Kebutuhan listrik semakin hari semakin meningkat sehingga diperlukannya pembangunan berbagai stasiun pembangkit tenaga listrik. Terdapat banyak jenis pembangkit tenaga listrik sesuai dengan sumber energi yang digunakan. Salah satu pembangkit tenaga listrik yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Uap.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap merupakan pembangkit listrik yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah generator yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh tenaga kinetik dari uap panas/kering. Pembangkit listrik tenaga uap menggunakan berbagai macam bahan bakar terutama batu bara dan bahan bakar minyak (*High Speed Diesel*) untuk start up awal. Bahan baku utama salah satunya kebutuhan air yang diproses menjadi air demineral pada Boiler. Pada PLTU air sebagai produk utama telah melalui beberapa proses untuk menjaga keandalan peralatan pembangkit. Air yang digunakan untuk menghasilkan steam, adalah air demineralized, yaitu air yang bebas dari garam dan unsur mineral serta memiliki

konduktivitas sebesar 0,2 $\mu\text{s/cm}$. Upaya mendapatkan air yang sesuai dengan spesifikasi air umpan boiler, PLTU dilengkapi dengan *Water Treatment Plant* yang terdiri dari dua unit utama yaitu *Unit Purifier* dan *Demin Plant*.

Unit Purifier berfungsi untuk menghilangkan kandungan garam dan mineral dalam air agar menjadi air *demineralized* (bebas mineral). Berdasarkan kondisi yang terjadi dilapangan pada saat *Maintenance Outage Condenser* ditemukan lumpur halus yang mengendap di dalam tube *condenser*. Terkait kondisi tersebut dilakukan penelitian penyebab terdapatnya lumpur pada tube *condenser*. Salah satu penyebab terdapatnya lumpur pada *condenser* yaitu air pendingin pada *cooling tower* yang masih terdapat lumpur halus pada air yang telah diolah pada purifier. Terkait hal ini kemurnian air harus dijaga perawatannya. Salah satu upaya rekomendasi untuk meminimalisir lumpur halus di dalam tube *condenser* yaitu penambahan *sand filter* setelah *purifier tank*. Perancangan *sand filter* merupakan unit penyaringan setelah purifier pada instalasi pengolahan air di *pre-treatment plant*, tetapi air yang telah diolah dari *purifier* yang selanjutnya ditampung di dalam *water storage tank* masih terdapat lumpur halus. Maka dari itu perlu dilakukan proses penjernihan air yang bebas dari lumpur halus dan salah satu cara pembuatan *sand filter* yang pada awalnya belum ada unit *sand filter* pada *pre-treatment plant*.

Pada penelitian masih banyak terdapat flok-flok halus dalam air pada proses purifier yang masih melayang dan terbawa masuk dalam *raw water tank*. Hal ini menyebabkan terakumulasinya flok-flok sehingga dapat menyebabkan scale (kerak). Pada proses *purifier* di lapangan tidak terdapat *sand filter* yang berfungsi untuk menangkap dan menyaring flok-flok halus dalam air, seharusnya terdapat proses penjernihan air kembali berupa sand filter yang berguna untuk menangkap dan menyaring flok-flok halus dalam air tersebut. Adanya penjernihan sand filter berguna untuk mengurangi beban kerja pada unit *Demin Water Treatment Plant* serta dapat mengurangi lumpur halus yang terdapat di *Unit Condenser*. Hal ini dapat membantu keandalan unit tetap terjaga.

II. STUDI PUSTAKA

2.1 Proses Operasi *Water Treatment Plant*

Secara umum fungsi dari *Water Treatment Plant* adalah mengolah air baku menjadi air *demineralized* yang mana air tersebut digunakan untuk memproduksi uap yang bertekanan sebagai penggerak turbin uap. Terdapat dua sistem pengolahan air pada PLTU diantaranya: Sistem *Pre Treatment Plant* dan Sistem *Demin Treatment Plant*.

Proses *Water Treatment Plant* sebagai berikut :

- a. Bahan baku air tawar yang berasal dari sumber yang berjarak ± 1.5 KM. dari lokasi PLTU. Air sungai dipompakan dari intake menuju *purifier* dengan debit aliran sebesar $3000 \text{ m}^3/\text{hari}$.
- b. Pada *purifier* akan terjadi proses koagulasi dan flokulasi, sehingga terjadi pemisahan antara air jernih dengan gumpalan-gumpalan zat padat. Air jernih akan menggumpal pada bagian samping sedangkan endapan akan menggumpal pada bagian tengah bawah. Air jernih akan dikeluarkan lewat pengumpul air di bagian samping dari dinding *Purifier*.
- c. Sebagai penampung akhir dari produksi *Pre Water Treatment* ini adalah *Raw Water Tank* yang berkapasitas 250 m^3 . Air pada *raw water tank* kemudian didistribusikan menggunakan dua buah pompa yaitu *domestic pump*, dan *service pump*. *Domestic pump* digunakan untuk memompakan air untuk kebutuhan domestik, dan *service pump* digunakan untuk memompakan air menuju proses unit *Demin Water Treatment*, *sealing water* (air pendingin *bearing* pompa), dan *make up cooling tower*.
- d. Pada unit *Demin Water Treatment* dilakukan proses pemurnian dan penghilangan kandungan mineral terlarut dalam air. Tahap awal proses pemurnian air dilakukan pada *Multi Media Filter* (MMF), namun sebelum menuju ke *Multi Media Filter* (MMF) diinjeksikan *Sodium Hypochloride* (NaOCl), dimana penambahan ini bertujuan untuk menjernihkan warna air sungai, mencegah tumbuhnya lumut di dalam pipa, serta dapat mengubah zat terlarut menjadi zat tidak terlarut.
- e. Selanjutnya air keluaran MMF dialirkan ke *Carbon Filter* (CF) dengan menginjeksikan *Sodium Hydrogen Sulfite* (NaHSO_3) yang berfungsi untuk menangkap klorin dan menghilangkan bau air sungai serta menginjeksikan *inhibitor* berupa *High Density Polyethylene* (HDPE) untuk mencegah korosi (anti *scalling*).
- f. Selanjutnya, keluaran CF dialirkan menuju *Reverse Osmosis* (RO) yang sebelumnya dilewatkan melalui *catridge filter* yang digunakan untuk menyaring partikel-partikel yang berukuran 5 mikron. Pada RO terdapat membran-membran yang berfungsi untuk menurunkan konduktivitas pada air dengan cara menangkap ion-ion yang berukuran 10^{-4} mikron. Pada RO terdapat 2 keluaran yaitu aliran *reject* dan aliran produk. Pada aliran *reject*, air akan dialirkan ke *reject tank* sedangkan aliran produk air akan dialirkan menuju proses *Electrode Ionization* (EDI).

- g. Pada proses EDI dilakukan pengolahan berdasarkan pertukaran ion (anion dan kation). Setelah melewati proses *Electrode Ionization* (EDI) didapatkan air yang tidak memiliki kandungan mineral atau *demineralized water* dan air tersebut ditampung di *demin tank* yang berkapasitas 150 m^3 .

2.2 Sistem *Pre Treatment Plant*

Pre Treatment Plant merupakan sistem pengolahan air dari sumbernya yaitu sungai Enim yang dipompakan oleh *Water Intake Pump*. Kemudian air sungai masuk ke dalam *purifier* untuk dilakukan proses pemurnian dalam air dengan cara injeksi bersamaan dengan ketiga bahan kimia yaitu *Poly Aluminium Chlorin* (PAC), *Polyacrylamide* (PAM), dan *Sodium Hypochloride* (NaOCl). *Sodium Hypochloride* (NaOCl) diinjeksikan untuk mengoksidasi polutan dalam proses pengolahan air serta sebagai disinfektan dan mencegah tumbuhnya lumut dalam pipa. Proses pada *purifier* terdiri dari proses Koagulasi dan Flokulasi, yang dijelaskan sebagai berikut :

a. Proses Koagulasi

Zat kimia yang digunakan untuk proses koagulasi adalah *Polyacrylamide* (PAM). Proses Koagulasi adalah proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi dengan penambahan koagulan yang disertai dengan pengadukan yang cepat untuk mendispersikan zat kimia secara merata. Sehingga akan terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan secara gravitasi.

b. Proses Flokulasi

Zat kimia yang digunakan untuk proses flokulasi adalah *Poly Aluminium Chlorin* (PAC). Proses Flokulasi merupakan proses pembentukan flok yang ada pada dasarnya menggunakan pengelompokan aglomerasi antara koagulan dan partikel dengan menggunakan pengadukan lambat (*Slow Mixing*). Proses Flokulasi bertujuan untuk mempercepat proses penggabungan flok-flok yang telah dibiarkan pada proses koagulasi. Partikel-partikel yang telah distabilkan tersebut akan tarik-menarik dengan partikel lainnya sehingga akan membentuk flok dengan ukuran yang lebih besar. Flok yang lebih besar tersebut akan lebih mudah mengalami pengendapan.

Air yang telah diolah dari *purifier* selanjutnya ditampung di dalam *water storage tank*. Air dari *water storage tank* dialirkan ke 2 pompa yaitu *domestic pump* yang merupakan sumber air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari seperti kamar mandi, wudhu dan sebagainya pada kawasan pembangkit dan *service pump* ialah air yang digunakan sebagai *sealing water* (air pendingin *bearing* pompa), *Demin Treatment Plant* (WTP) dan *make up cooling tower* untuk memenuhi kebutuhan air pendingin di *cooling tower* yang sebelumnya diinjeksikan *Trichloroisocyanuric Acid* (TCCA) dan *Amilum Trymetil Posforic Acid* (ATMP) saat menuju *cooling tower* yang digunakan sebagai penjernihan air dan pemeliharaan basin *cooling tower*.

2.3 Sistem *Demine Treatment Plant*

Pada *Demin Treatment Plant* (WTP) dilakukan proses pemurnian dan penghilangan kandungan mineral terlarut dalam air. Proses tersebut meliputi proses pada unit *Multi Medium Filter* (MMF), *Activated Carbon Filter* (CF), *Reverse Osmosis* (RO), dan *Electrode Ionization* (EDI).

a. *Multi Media Filter* (MMF)

Tahap awal proses pemurnian air dari *service pump* dialirkan menuju proses *Multi Media Filter* (MMF), sebelum menuju ke *Multi Media Filter* (MMF) diinjeksikan *Sodium hypochloride* (NaOCl), dimana penambahan ini bertujuan untuk membunuh kuman, lumpur serta dapat mengubah zat terlarut menjadi zat tidak terlarut. Pada MMF terdapat dua filter yaitu *coarse* (anthracite) dan *medium* (sand).

b. *Activated Carbon Filter* (CF)

Selanjutnya keluaran MMF dialirkan ke *Carbon Filter* (CF) dengan menginjeksikan bahan kimia *Sodium Hydrogen Sulfite* (NaHSO₃) untuk menangkap klorin pada keluaran *Carbon Filter* serta menginjeksikan *inhibitor* berupa *High Density Polyethylene* (HDPE) untuk mencegah korosi (*anti scalling*).

c. *Reverse Osmosis* (RO)

Selanjutnya keluaran CF dialirkan menuju *Reverse Osmosis* (RO) yang sebelumnya dilewatkan melalui *cartridge filter* yang digunakan untuk menyaring partikel-partikel yang berukuran 5 mikron. Pada RO terdapat membran-membran yang berfungsi untuk menurunkan konduktivitas pada air dengan cara menangkap ion-ion yang berukuran 10⁻⁴ mikron. Pada RO terdapat 2 keluaran yaitu aliran *reject* dan aliran produk. Aliran *reject* air akan dialirkan ke *reject tank* dan aliran produk air akan dialirkan menuju proses *Electrode Ionization* (EDI).

d. *Electrode Ionization* (EDI).

Unit yang terakhir dari proses persiapan air yaitu unit *Electrode Ionization* (EDI) yang prosesnya menggunakan sistem elektrik. Pada proses ini dilakukan pengolahan berdasarkan pertukaran ion (*anion* dan *kation*). Setelah melewati *Electrode Ionization* (EDI) didapatkan air yang tidak memiliki kandungan mineral atau *demimeralized water*. *Demimeralized water* ditempatkan di *demimeralized water tank* dan selanjutnya air tersebut siap untuk dialirkan menuju *deaerator* yang disalurkan melalui *demimeralized water pump*. Pada *deaerator* juga diinjeksikan *fosfat* (PO₄) yang berfungsi untuk menjaga pH *boiler feed water* 9 - 11.

2.4 Analisa Pengoptimalan *Water Treatment Plant*

a. Permasalahan *Water Treatment Plant*

Terdapat beberapa permasalahan yang ada pada *Water Treatment Plant* diantaranya adalah sebagai berikut :

- 1) Tidak terdapat penyaringan ulang setelah *Purifier* atau tidak adanya *Sand Filter*. Sehingga masih terdapat lumpur halus atau sisa-sisa gumpalan endapan yang terbentuk pada *purifier*. Hal ini akan menyebabkan air yang mengalir ke *raw water tank* masih mengalami

kekeruhan dan akan berdampak juga pada kebersihan karena air ini dialirkan ke domestik untuk pemakaian sehari-hari. Selain berpengaruh pada kebersihan air, hal ini juga akan berpengaruh pada *life time* peralatan. Contoh pada kasus lumpur yang terdapat pada *Tube Condenser*, salah satu penyebabnya adalah air pendingin yang berasal dari *raw water tank* masih terdapat sisa-sisa endapan yang terakumulasi menjadi lumpur halus.

- 2) Menurut data lapangan Unit *Purifier* dan *Raw Water Tank* terakhir dilakukan *Cleaning* pada tahun 2017. Hal ini menunjukkan lumpur halus yang diakibatkan oleh jumlah endapan yang tersisa dari partikel padat yang mengendap dan menumpuk di bagian bawah Unit *Purifier* dan *Raw Water Tank*.

b. Penanganan Masalah pada *Water Treatment Plant*

Terdapat beberapa penanganan yang ada pada *Water Treatment Plant* diantaranya adalah sebagai berikut :

- 1) Pembuatan rancangan *Sand Filter* setelah *Purifier*. Tujuan pembuatan *Sand Filter* ini supaya air yang keluar dari saringan ini merupakan air yang sudah jernih, bebas dari sisa-sisa gumpalan endapan yang terbentuk pada *purifier*. Air yang berasal dari Unit *Purifier* akan dialirkan ke *Sand Filter Tank* tanpa menggunakan pompa melainkan dengan gaya gravitasi. *Sand Filter Tank* merupakan unit yang akan menjadi penyaringan air terakhir pada instalasi pengolahan air (*Water Treatment Plant*). Pada Unit *Sand Filter Tank* akan terjadi proses penyaringan dimana lumpur halus dari endapan-endapan flok yang terbentuk pada *Purifier* yang masih terbawa akan terperangkap dalam pasir silika dan media filter lainnya (jika memakai dua atau tiga media filter) di dalam tanki sand filter tersebut.
- 2) *Cleaning Unit Purifier Tank* dan *Raw Water Tank*, karena untuk memastikan air baku terbebas dari endapan-endapan lumpur halus sebaiknya *Unit Purifier Tank* dan *Raw Water Tank* itu dibersihkan agar mengurangi beban kerja *Sand Filter*.

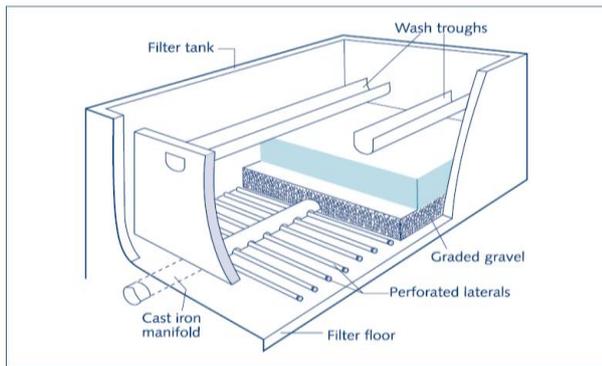
2.5 *Rapid Filtration*

Filtrasi merupakan proses dimana air dimurnikan dengan melewatkannya melalui bahan yang berpori. Pada pemurnian dengan rapid filtrasi umumnya digunakan sebagai filter medium tetapi prosesnya sangat berbeda dari filtrasi pasir metode lambat. Hal ini dikarenakan pasir yang lebih kasar digunakan dengan ukuran butir yang efektif kisaran 0,4-1,2 mm, dan laju filtrasi jauh lebih tinggi, umumnya antara 5 dan 15 m³/m².h (120-360 m³/m².day). Pori-pori bed filter relatif besar dan kotoran yang terkandung dalam *raw water* dapat menembus dalam ke bed filter. Dengan demikian, kapasitas bed filter untuk menyerap kotoran adalah jauh lebih efektif digunakan dan bahkan air sungai yang sangat keruh dapat diolah dengan menggunakan rapid filtrasi ini. Untuk membersihkan bed rapid sand filter tidak cukup untuk mengikis lapisan atas. Pembersihan rapid filtrasi dipengaruhi oleh *backwash*. Air dari *backwash* ini

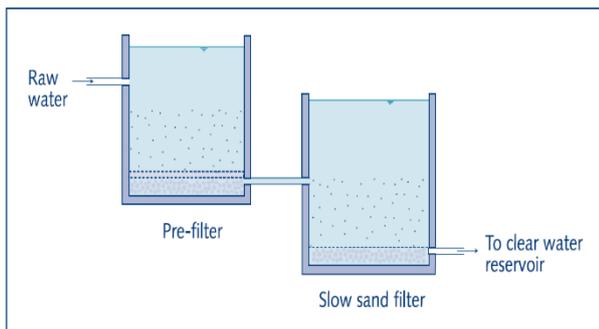
membawa kotoran yang menyumbat pada filter. Pembersihan rapid filter ini dapat dilakukan dengan cepat atau tidak memerlukan waktu yang lama ± 30 menit.

Aplikasi Rapid Sand Filter

Khusus air dengan kekeruhan rendah, seperti air sungai aplikasi rapid sand filter harus dapat menghasilkan air yang jernih, meskipun masih mengandung mikroorganisme patogen. Pada tahap akhir seperti klorinasi dapat dilakukan untuk aman secara bakteriologis.

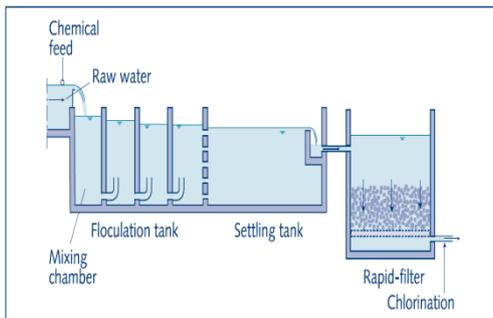


Gambar 1. Rapid Filter Open-Gravity Type



Gambar 2. Rapid Filter Slow Sand Filtration

Pada pengolahan air sungai dengan tingkat kekeruhan yang tinggi, penyaringan rapid filtrasi dapat digunakan sebagai *Pre-Treatment Water* untuk mengurangi beban pada saringan *slow sand filter* atau mungkin juga diterapkan untuk mengolah air yang telah dijernihkan dengan koagulasi, flokulasi dan sedimentasi.



Gambar 3. Rapid Filter Slow Sand Filtration Type-type Rapid Sandfilter

Rapid Sandfilter sebagian besar dirancang dan dibangun terbuka dengan air yang melewati media filter secara gravitasi. Rapid sandfilter dapat diklasifikasikan menurut:

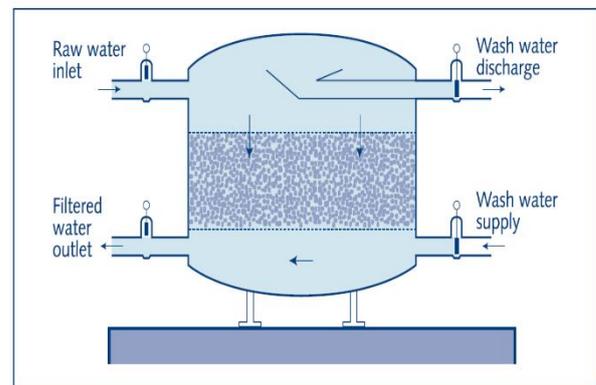
Hydraulic Head : Gravitasi atau Tekanan

Arah Aliran : *Upflow* atau *downflow*

Laju alir filtrasi : Konstan atau menurun

Pengaruh pada filter mungkin disebabkan oleh :

- Air yang telah dijernihkan ketika koagulasi, flokulasi dan sedimentasi atau flotasi terjadi dilakukan sebelum filtrasi menurun.
- Air koagulasi dalam penyaringan langsung keatas atau penyaringan langsung ke bawah in line.
- Air flokulasi ketika proses koagulasi dan flokulasi terjadi dibagian hulu aliran langsung berubah menjadi aliran langsung kebawah atau *downflow*.
- Air dengan tahap penjernihan pertama ketika aliran filtrasi *upflow* digunakan untuk aliran *downflow* sebagai penyaringan selanjutnya.



Gambar 4. Pressure Filter

Pressure Filters

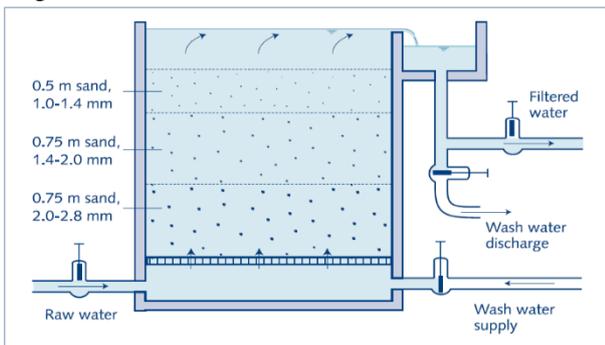
Pressure Filters memiliki konstruksi yang sama dengan filter tipe gravitasi tetapi bed filter dengan bagian bawah tertutup dalam bejana tekan baja yang kedap air. Pendorong untuk proses penyaringan disini adalah tekanan air yang diterapkan pada filter bed ini bisa sangat tinggi sehingga hasil filter dapat diperoleh. Filter yang bertekanan secara komersial sebagai unit lengkap. Media filter tidak semudah untuk dipasang, dioperasikan dan diperoleh, terutama karena tidak mudah untuk memeriksa kondisi media. Untuk alasan ini media filter tidak cocok untuk aplikasi di pabrik kecil di negara berkembang.

Upflow Filters

Upflow Filters menyediakan proses penyaringan dari proses kasar ke halus. Pada lapisan bagian bawah yang kasar menyaring bagian utama dari kotoran yang ter-suspended, bahkan dari air yang keruh, tanpa ada peningkatan besar resistansi bed filter, (head loss) karena pori-pori terlalu besar. lapisan halus memiliki pori-pori yang lebih kecil tetapi disini juga filter resistansi akan meningkat hanya secara perlahan karena tidak banyak kotoran yang tersisa untuk disaring.

Pada filter *upflow*, pasir yang digunakan sebagai media filter tunggal. Namun, masih keberatan untuk menggunakannya sebagai tahap penyaringan akhir dalam

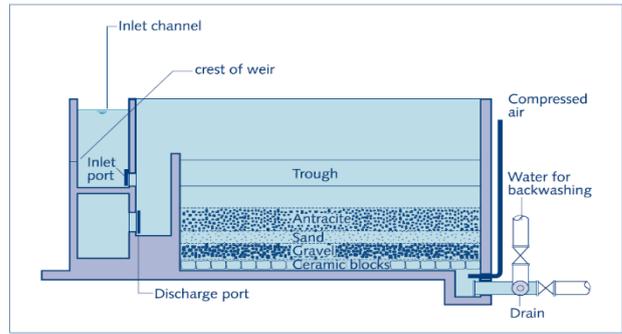
pemurnian air. Pertama di antaranya adalah bahwa filtrat, yang berada di atas dasar pasir, rentan terhadap kontaminasi oleh burung (terutama unggas air yang mungkin suka berenang di dalamnya) atau dari debu di udara. Filter aliran sering digunakan untuk pra-pengolahan air yang selanjutnya dimurnikan dengan filter cepat tipe gravitasi atau dengan filter pasir lambat. Dalam kasus seperti itu, mereka dapat memberikan hasil yang terbaik dan mungkin cocok untuk digunakan di pengolahan pabrik sederhana. Salah satu kelemahannya adalah bahwa resistensi yang diizinkan (*head loss*) di atas filter upflow seharusnya tidak lebih dari berat terendahnya bed filter. Pasir sebagai bed filternya, resistensi yang tersedia sekitar sama dengan ketebalan bed filter. Pada air sungai yang sangat keruh, panjangnya filter dan laju filtrasi yang diizinkan dengan demikian sangat terbatas.



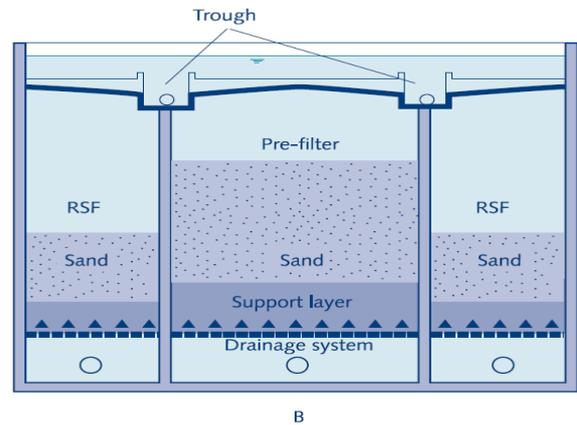
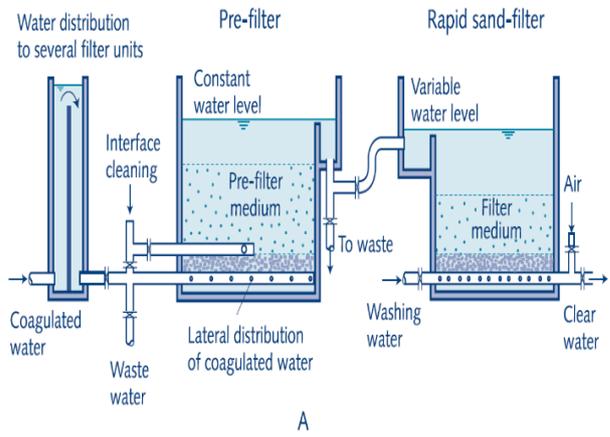
Gambar 5. *Upflow Filter*

Upflow dan Downflow Direct Filtration

Pada penyaringan langsung, pengaruh rapid filter yang terkoagulasi atau terflokulasi atau melalui tahap penyaringan air terlebih dahulu. Untuk air dengan tingkat kekeruhan yang rendah sekitar 25 NTU dengan puncak hingga 100 NTU. Rapid sand filter langsung bisa menghasilkan air jernih. Jika air baku berkualitas buruk, kekeruhan sampai dengan 100-200 NTU. Penyaringan ganda dapat dilakukan untuk menghasilkan air yang baik. Filtrasi ganda dapat terdiri dari filtrasi direct upflow yang diikuti dengan rapid filtrasi downflow. Penyaringan ganda juga dapat dibangun dalam satu unit. Pada kasus final penyaringan dengan metode klorinasi kemudian diperlukan untuk mendapatkan air yang bebas dari bakteri.



Gambar 6. *Downflow rapid gravity filter coagulated water (downflow direct filtration)*

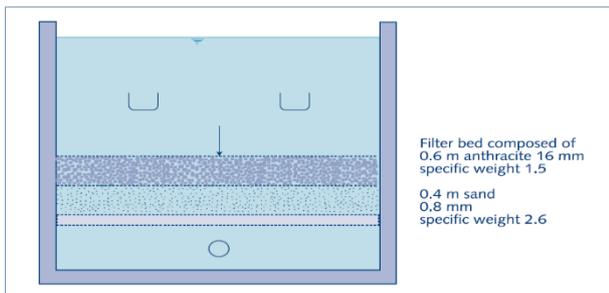


Gambar 7. *Double filtration; downflow rapid gravity filter preceded by upflow coarse medium filter (a) as a separate unit; (b) built in same unit*

Biasanya 30-50 % dari kehilangan resistensi *heat loss* karena retensi yang terjadi pada lapisan gravel atau kerikil, sedangkan bagian yang tersisa telah disimpan di sub-lapisan pasir pada bagian samping pasir-kerikil antarmuka dengan ketebalan sekitar 0,4-0,6 m. Pengoperasian filter dapat diperpanjang secara teratur *down-flushes* dalam pengoperasian filtrasi dengan laju konstan. Dalam metode ini influen pada bagian bawah ditutup dan air di dalam filter habis oleh aliran bawah. *Downflush* ini menghasilkan penghilangan sebagian benda padat.

Multi-media filter

Multi-media filter (Gambar 8) adalah *filter downflow* tipe-gravitasi dengan bed filter terdiri dari beberapa material berbeda, yang ditempatkan dari bed material kasar ke halus menuju arah aliran. Untuk filter cepat berukuran kecil, biasanya hanya menggunakan kombinasi dua bahan saja 0,3-0,5 mm pasir dengan ukuran efektif 0,4-0,7 mm sebagai lapisan bawah, atasnya 0,5-0,7 mm. Sebagai final perawatan, filter multi-layer dapat memberikan hasil yang sangat baik dan, ketika bahan yang sesuai tersedia secara lokal, aplikasi di pabrik pengolahan kecil adalah suatu kemungkinan. Namun demikian stabilitas multi-layer filter sulit untuk dirancang dan dirawat, terutama setelah backwashing.



Gambar 8. Dual-media filter bed

Aspek Teoritis

Penghilangan kotoran secara keseluruhan dari air di dalam rapid filtrasi yang terbawa melalui kombinasi beberapa proses yang berbeda. Proses yang terpenting adalah proses straining, sedimentasi, adsorpsi, dan proses bakteri dan biokimia. Pada rapid sandfilter, bahan material bed filter jauh lebih kasar dan laju filtrasi jauh lebih tinggi (naik hingga 50 kali lebih tinggi dari pada filtrasi pasir lambat). Faktor-faktor ini sepenuhnya mengubah kepentingan relatif dari berbagai proses pemurnian. Mechanical Straining adalah proses penyaringan partikel suspended matter yang terlalu besar untuk lolos dari lubang di antara butiran pasir. Sedimentasi adalah proses pengendapan partikel tersuspensi yang lebih halus ukurannya daripada lubang pori pada permukaan butiran. Adsorpsi adalah proses penghilangan partikel koloidal yang berasal dari bahan organik maupun non organik yang tidak terendapkan.

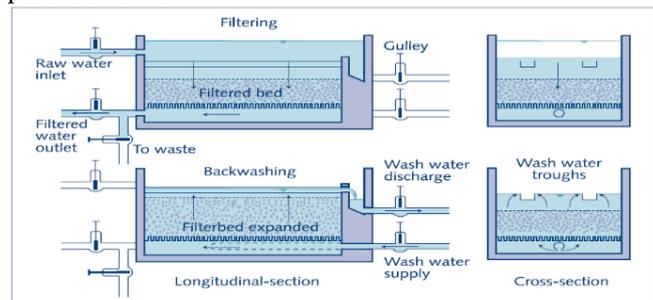
Sejauh ini efek pemurnian yang terpenting dalam rapid filtrasi adalah adsorpsi pengotor. Meskipun permukaan pasir awalnya bersih dan memiliki muatan elektrostatik negatif. Muatan negatif ini dinetralkan sangat dekat dengan partikel dengan bahan terlarut di dalam air, dan disimpan bahan bermuatan positif seperti aluminium atau besi flok. Setelah itu, flok yang bermuatan positif bertemu dengan pasir yang tertutup flok bermuatan positif, dan tolakan elektrostatik. Besar dan efek dari ini adalah tidak hanya tergantung pada muatan elektrostatik pada partikel flok dan permukaan pasir, tetapi juga jumlah dan sifat garam yang dilarutkan dalam air. Semakin banyak mineral yang terkandung dalam air, semakin sedikitnya rentang efek dari gaya elektrostatik. Paling signifikan, kekuatan Van der Waals terjadi pada pendekatan yang sangat dekat (kurang dari 1

mikro meter) karena sifat elektronik dari atom dan molekul dari dua permukaan yang mendekat. Kekuatan seperti itu selalu menarik dan akur untuk lampiran (adsorpsi) dari gumpalan dan partikel lainnya dengan listrik mengisi ke butiran pasir, dan deposit yang ada dengan muatan listrik yang berlawanan.

Pada slow sand filter, air tetap berada dalam filter selama beberapa jam, tetapi dengan cepat penyaringan air hanya lewat dalam beberapa menit. Endapan organik yang terakumulasi merupakan endapan yang dihilangkan dari rapid filter ketika filter dibersihkan dengan backwashing. Dengan sedikit waktu dan peluang untuk setiap biodegradasi bahan organik untuk dikembangkan, atau untuk membunuh mikroorganisme patogen. Terbatasnya degradasi bahan organik tidak perlu menjadi kelemahan serius karena akumulasi deposit akan dicuci dari filter selama pencucian ulang atau *backwashing*. Bakteriologis dan biokimia yang buruk aktivitas filter cepat umumnya tidak cukup untuk menghasilkan air yang bebas dari bakteri. Oleh karena itu, perawatan lebih lanjut seperti penyaringan slow sand filter atau klorinasi akan dilakukan diperlukan untuk menghasilkan air yang layak untuk minum dan keperluan rumah tangga.

Rapid filter operation and control

Operasi rapid filter (*gravity type*) yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Rapid filter (*gravity type*)

Selama penyaringan air memasuki filter melalui valve A, bergerak ke bawah menuju bed filter, mengalir melalui bed filter, melewati sistem underdrainage atau filter bawah dan mengalir keluar melalui valve B. Unit yang digunakan untuk mengukur laju filtrasi sebenarnya adalah mendekati kecepatan yang merupakan laju aliran masuk (m^3/jam) dibagi dengan area filtrasi (m^2). Itu merupakan kecepatan interstitial di bed lebih tinggi, karena laju filtrasi dibagi rata-rata porositas media filter.

Karena penyumbatan secara bertahap melalui pori-pori, resistansi bed filter terhadap bagian bawah aliran air akan semakin meningkat. Hal ini akan mengurangi laju filtrasi kecuali itu dikompensasi oleh kenaikan level air baku di atas bed filter. Rapid sand filter dirancang untuk beroperasi dengan ketinggian air baku yang konstan yang mengharuskan filter dilengkapi dengan perangkat kontrol laju filter dalam garis influen atau efluen. Pengontrol laju filter memberikan resistansi yang dapat disesuaikan terhadap aliran air.

Setelah periode operasi, pengontrol laju filter dibuka sepenuhnya, penyumbatan bed filter tidak dapat

dikompensasi lebih lanjut dan laju filtrasi akan turun. Filter kemudian diambil dari servis untuk pencucian balik atau *backwash*. Untuk hal ini Valve A dan B ditutup, dan valve D dibuka untuk dilakukannya drain. Beberapa menit kemudian Valve E dibuka untuk menerima air pencuci. Tingkat *backwash* seharusnya cukup tinggi untuk memperluas bed filter sekitar 20% sehingga butiran filter terakumulasi dengan endapan terbawa dengan air *backwash*. *Backwash* dikumpulkan di basin pencuci dari tempat pembuangannya menjadi limbah. Ketika *backwash* selesai, katup E dan D ditutup dan katup A dibuka kembali dan mengizinkan air baku untuk memulai menjalankan filter baru.

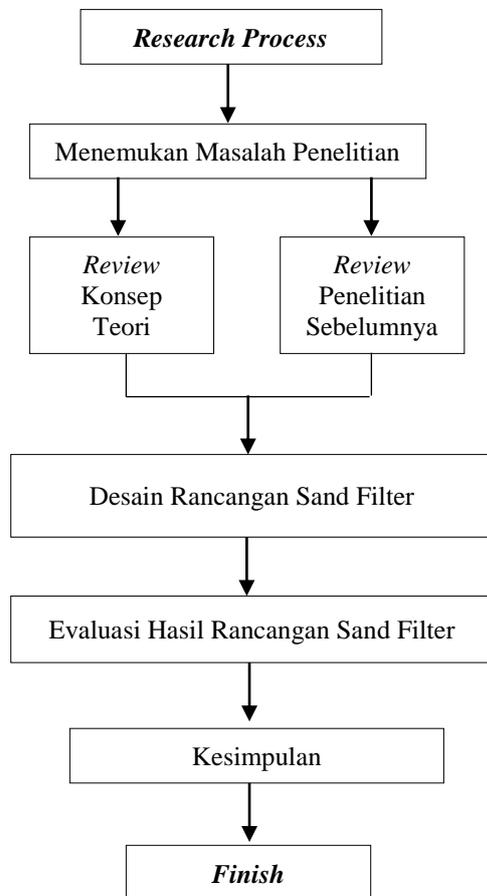
III. METODOLOGI

3.1 Desain Rancangan Sand Filter

Berdasarkan Gambar 11 merupakan desain rancangan *sand filter* yang dilengkapi dengan ukuran rancangan bangunan sand filter.

3.2 Prosedur Penelitian

Adapun tahapan pada penelitian pada Gambar 10.



Gambar 10. Flowchart Penelitian

3.3 Data Proses

Perancangan Sand Filter *Up Flow*

Perancangan *sand filter up flow* akan direncanakan dengan pembangunan *sand filter* semen cor. Salah satu rancangan sistem sand filter up flow dengan kapasitas

100 m³/jam. Bahan yang digunakan untuk pembuatan percontohan unit pengolahan air bersih dengan proses *sand filter up flow* antara lain :

1. Bak penenang maupun bak penyaring dibuat dengan konstruksi beton cor
2. Perpipaan menggunakan pipa PVC (*poly vinyl chloride*) diameter 4 inch.
3. Media filter yang digunakan yakni batu kerikil atau gravel ukuran 2-3 cm untuk lapisan penahan dan pasir silika untuk lapisan penyaring.

Berikut merupakan spesifikasi teknis *pilot plant sand filter up flow* dengan kapasitas 120 m³/jam.

- a) Kapasitas pengolahan : 120 m³/jam.
- b) Bangunan penyadap : Pipa PVC berdiameter 4 inch.
- c) Bak penerima : (3000×800×3450) mm
- d) Saringan pasir *up flow* awal: (3000× 2000 × 3450) mm
- e) Tebal Lapisan Kerikil
 - Batu pecah atau gravel (2-3 cm) : 500 mm
 - Batu pecah atau gravel (1-2 cm) : 200 mm
 - Pasir : 1200 mm
- f) Bak penenang kedua : (500×800× 3450) mm
- g) Saringan pasir *up flow* kedua : (5000×2000×3150) mm
- h) Tebal Lapisan Kerikil
 - Batu pecah atau gravel (2-3 cm) : 500 mm
 - Batu pecah atau gravel (1-2 cm) : 200 mm
 - Pasir : 1200 mm
- i) Bak air bersih : (2000×5800×3150) mm
- j) Bahan bangunan: Beton Semen Cor

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan proses pembuatan kajian untuk upaya meminimalisir lumpur halus di dalam air pendingin pada *cooling tower* dan lumpur halus dalam *tube condenser*. Perencanaan *sand filter up flow* dengan menggunakan sistem penyaringan dari bawah ke atas yang mempunyai keunggulan dalam hal pencucian media saring yang lebih mudah dibanding dengan model sand filter konvensional. Jika filter telah jenuh atau buntu dapat dilakukan pencucian balik dengan cara membuka keran penguras. Dengan adanya pengurasan ini, air bersih yang berada diatas lapisan pasir dapat berfungsi sebagai air pencuci media penyaring (*backwash*). Dengan demikian pencucian media penyaringan pada *sand filter up flow* tersebut dilakukan tanpa mengeluarkan atau menggeruk media penyaringan dan dapat dilakukan kapan saja.

Mekanisme penyaringan dimulai dari air baku yang dialirkan ke dalam purifier water tank dengan memakai zat kimia untuk pengendapan kotoran yang ada dalam air baku. Selanjutnya dilakukan penyaringan dengan sand filter up flow kemudian dialirkan ke raw water tank atau penampung air bersih dan setelah itu didistribusikan menggunakan pompa domestik dan pompa servis.

Jika tingkat kekeruhan air bakunya cukup tinggi ketika pada waktu musim hujan, maka agar supaya beban saringan pasir lambat tidak terlalu besar, maka perlu dilengkapi dengan peralatan pengolahan pendahuluan. Bak pengendapan awal atau saringan *up flow* dengan media kerikil atau batu pecah, dan pasir kuarsa atau silika. Selanjutnya dari bak saringan awal, air dialirkan ke bak saringan utama dengan arah aliran dari bawah ke atas *up flow*. Air yang keluar dari bak saringan pasir *up flow* tersebut merupakan air olahan dan di alirkan ke bak penampung air bersih, selanjutnya didistribusikan ke konsumen dengan cara gravitasi atau dengan memakai pompa.

Ada dua upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalisir lumpus halus yang masih terkandung dalam *raw water*. Upaya tersebut sebagai berikut :

A. Pembuatan Rancangan Sand Filter

Pembuatan rancangan Sand Filter setelah Purifier. Tujuan pembuatan rancangan sand filter untuk menjernihkan kembali air dan bebas dari sisa-sisa gumpalan endapan yang merupakan output dari purifier tank. Air yang berasal dari unit purifier akan dialirkan ke unit sand filter tanpa menggunakan pompa melainkan dengan gaya gravitasi. Sand Filter merupakan unit yang akan menjadi penyaringan air terakhir pada instalasi pengolahan air (*Water Pre-treatment Plant*). Pada unit sand filter akan terjadi proses penyaringan dimana lumpur halus dari endapan-endapan flok yang terbentuk pada purifier yang masih terbawa akan terperangkap dalam pasir silika dan media filter lainnya (jika memakai dua atau tiga media filter) di dalam unit sand filter tersebut.

B. Cleaning Unit Purifier dan Raw Water Tank

Cleaning unit purifier dan raw water tank merupakan upaya untuk memastikan air baku terbebas dari endapan-endapan lumpur halus sebaiknya unit purifier dan raw water tank itu dibersihkan agar mengurangi beban kerja sand filter.

C. Rancangan Konstruksi Saringan Pasir Lambat *Up Flow*

Unit pengolahan air dengan saringan pasir lambat *up flow* dilakukan dengan mengoperasikan unit pengolah air yang akan dibangun pada area purifier dengan kapasitas 120 m³/jam. Spesifikasi teknis unit saringan pasir lambat *up flow* ditunjukkan seperti pada penjelasan diatas, sedangkan desain konstruksinya ditunjukkan seperti Gambar 11 sampai dengan Gambar 14.

Air baku yang digunakan adalah air dari saluran purifier tank. Air yang berasal dari unit purifier akan dialirkan ke saringan pasir lambat *up flow* tanpa menggunakan pompa melainkan dengan gaya gravitasi. Pada unit saringan pasir lambat *up flow* akan terjadi proses penyaringan dimana lumpur halus dari endapan-endapan flok yang terbentuk pada purifier yang masih terbawa akan terperangkap dalam pasir silika dan media filter lainnya (jika memakai dua atau tiga media filter) di dalam tanki sand filter tersebut.

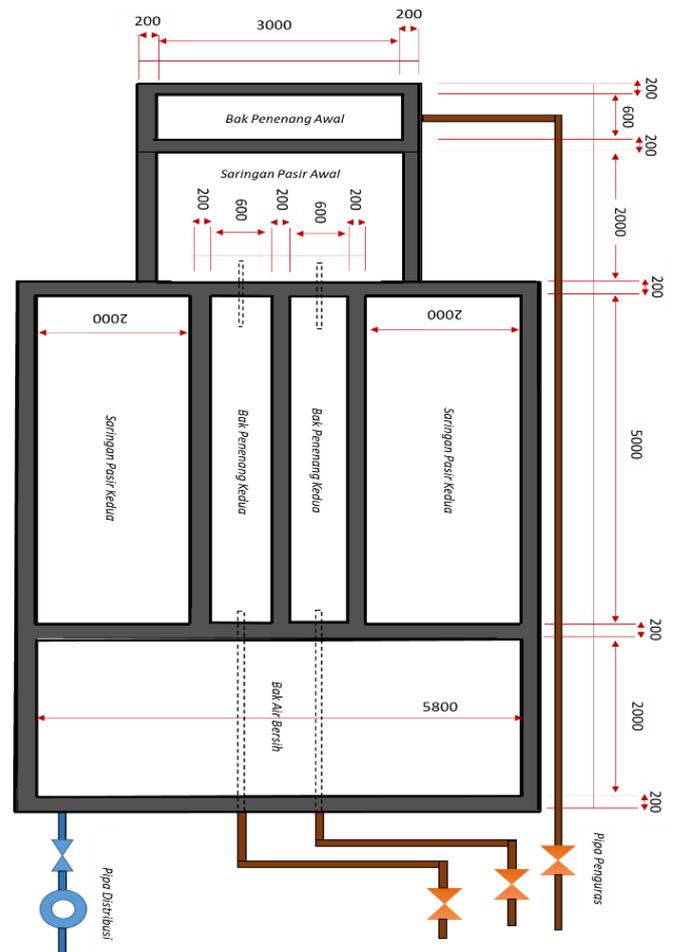
Operasional dan Perawatan Saringan Pasir Lambat *Up Flow*

A. Persyaratan-persyaratan Operasi dan Perawatan

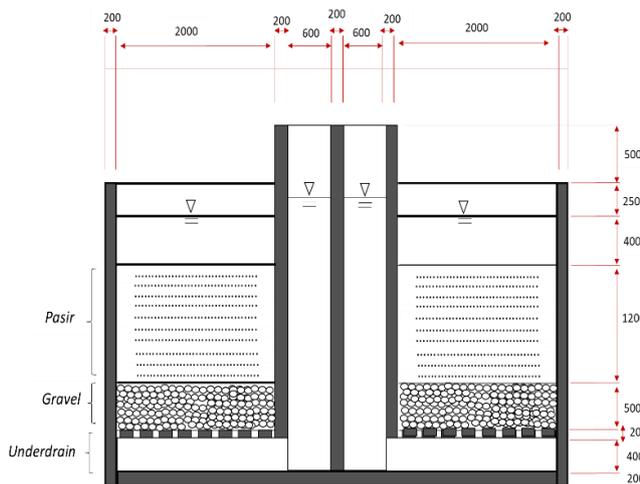
Pengoperasian dan perawatan saringan pasir lambat harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- 1) Dioperasikan dan dirawat bersama-sama dengan unit perlengkapannya
- 2) Dilengkapi dengan peralatan untuk pengoperasian dan perawatan
- 3) Mematuhi cara pengoperasian dan perawatan unit lainnya yang berlaku
- 4) Kualitas air hasil olahan memenuhi syarat Peraturan Menteri Kesehatan tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air bersih
- 5) Instalasi saringan pasir lambat direncanakan sesuai dengan tata cara perencanaan yang berlaku
- 6) Penanggung jawab pengoperasian dan perawatan saringan pasir lambat dilaksanakan oleh lembaga atau pengelola instalasi saringan pasir lambat

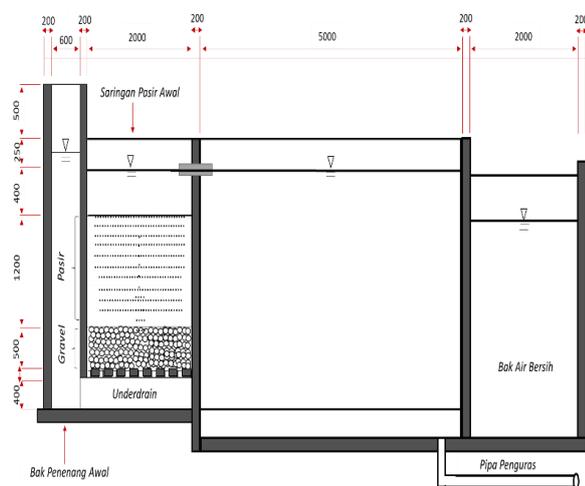
Berikut merupakan pendekatan desain secara fungsional



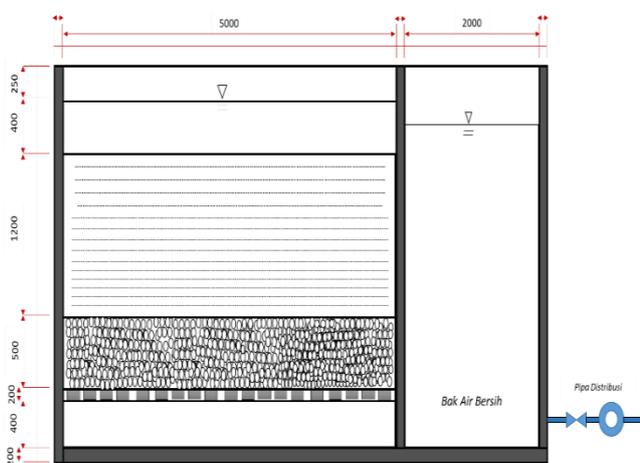
Gambar 11. Tampak atas rancangan saringan pasir lambat *up flow* kapasitas 120 m³/jam



Gambar 12. Potongan A-A rancangan saringan pasir lambat *up flow* kapasitas 120 m³/jam



Gambar 13. Potongan B-B rancangan saringan pasir lambat *up flow* kapasitas 120 m³/jam



Gambar 14. Potongan C-C rancangan saringan pasir lambat *up flow* kapasitas 120 m³/jam

B. Pengoperasian dan Perawatan

Kecepatan penyaringan harus diatur sesuai dengan standar perencanaan. Pada umumnya, setelah saringan pasir lambat beroperasi kecepatan pengaliran tidak terkendali karena kebutuhan eningkat dengan cepat. Pada kondisi ini pengelola biasanya memperbesar aliran air baku, sehingga melebihi dari kemampuan filter atau melebihi dari standar perencanaan. Akibat yang muncul adalah kualitas air olahan akan menurun dan tinggi permukaan air di media filter akan naik dan filter cepat jenuh atau buntu.

Pencucian media penyaring (pasir) pada saringan awal sebaiknya dilakukan minimal setelah satu minggu operasi, sedangkan pencucian pasir pada saringan ke dua dilakukan minimal setelah tiga sampai empat minggu operasi atau diamati pada tinggi permukaan air pada filter pertama dan kedua, jika permukaan naik 10 cm, maka filter dapat dicuci. Pada sistem *down flow* pencucian rutin dapat dilakukan dengan mengeruk bagian permukaan pasir setebal 5 cm, tetapi jika terjadi penyemenan pada bagian bawah seluruh pasir harus diangkat di cuci atau di ganti dengan media pasir baru. Sedangkan pada sistem *up flow* pencucian media pasir dilakukan dengan cara membuka valve penguras pada tiap-tiap bak saringan, kemudian lumpur yang ada pada dasar bak dapat dibersihkan dengan sapu sehingga lumpur yang mengendap dapat dikeluarkan. Jika lumpur yang terdapat pada lapisan pasir belum bersih secara sempurna, maka pencucian dapat dilakukan dengan mengalirkan air baku ke bak saringan pasir tersebut dari bawah ke atas dengan kecepatan yang cukup besar sampai lapisan pasir terangkat atau terfluidisasi, sehingga kotoran yang ada di dalam lapisan pasir terangkat ke atas. Selanjutnya air yang bercampur lumpur yang ada di atas lapisan pasir dipompa keluar sampai air yang keluar dari lapisan pasir cukup bersih.

Media filter yang digunakan dalam unit saringan pasir lambat *up flow* ini adalah pasir dan kerikil. Pada bak pertama kerikil yang digunakan adalah ukuran 2-3 cm dan pasirnya kasar, sedangkan bak kedua kerikilnya sama ukurannya dan pasirnya lebih halus. Tebal media total adalah 1,7 m. Volume media pada bak pertama sebesar 20,7 m³, sedangkan pada bak kedua sebesar 31,5 m³. Pada pengisian media perlu diperhitungkan penyusutan akibat pencucian dan pepadatan. Pengisian membutuhkan waktu 4 hari dan pencucian membutuhkan waktu 2 hari. Sedangkan pencucian media menggunakan air baku yang dialirkan dari bagian bawah media. Pada Proses pencucian media dibantu dengan pompa air yang berkapasitas 600 L/min. Penggunaan pompa bertujuan untuk mempercepat pekerjaan, terutama untuk menyedot kotoran-kotoran yang mengambang.

Media filter dapat tersumbat, terutama jika air baku terlalu banyak mengandung padatan tersuspensi. Valve pencucian berfungsi sebagai valve penguras untuk membersihkan kotoran yang terdapat pada bagian dasar media. Pembersihan media sendiri dapat dilakukan dengan memperbesar aliran masuk, sehingga terjadi aliran yang berlebihan pada butiran pasir dan biasanya kotoran halusnya akan mengambang. Kotoran yang

mengambang akan terbuang melalui jalur limpasan atau dihisap dengan menggunakan pompa hisap jika diperlukan. Air buangan hasil pencucian masuk kedalam saluran pembuangan dan langsung masuk ke selokan di daerah *purifier*.

V. KESIMPULAN

Kajian perancangan *sand filter* pada unit *purifier tank area water pre treatment plant* dapat disimpulkan beberapa hal antara lain: perancangan *sand filter* dengan menggunakan type saringan pasir lambat *up flow* dengan sistem aliran dari bawah ke atas *up flow* mempunyai kerugian tekanan *head loss* yang jauh lebih kecil dibanding dengan sistem aliran dari atas kebawah atau dengan kata lain sistem saringan pasir lambat *up flow* mempunyai umur operasi yang lebih lama. Tidak memerlukan bahan kimia, sehingga biaya operasinya sangat murah. Saringan pasir lambat *up flow* dapat menghilangkan zat besi, mangan, dan warna serta kekeruhan serta dapat menghilangkan ammonia dan polutan organik, karena proses penyaringan berjalan secara fisika dan biokimia. Saringan pasir lambat *up flow* sangat cocok untuk daerah pedesaan dan proses pengolahan sangat sederhana.

Perawatan untuk saringan pasir lambat *up flow* mudah karena pencucian media penyaring (pasir) dilakukan dengan cara membuka valve penguras, sehingga air hasil saringan yang berada di atas lapisan pasir berfungsi sebagai air pencuci. Dengan demikian pencucian pasir dapat dilakukan tanpa penggerakan media pasirnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Di Bernardo, L. (1991). Water-Supply Problems and Treatment Technologies in Developing Countries of South America. In *Aqua: Journal of water supply research and technology*, vol. 40, no. 3, p.156.
- Di Bernardo, L., & Issac, R.L. (2001). Upflow direct filtration: a review. *Proceedings, CIWEM International Conference on Advances in Rapid Granular Filtration in Water Treatment*, 4-6 April, London, England.
- Di Bernardo, L. (2001). Converting Filtration Control From Constant-Rate to Declining-Rate in a Conventional water treatment plant, *CIWEM International Conference on Advances in Rapid Granular Filtration in Water Treatment*, 4-6 April, London, England.
- Di Bernardo, L. (2002). Rapid Filtration. <https://docplayer.net/7335484-17-rapid-filtration-luiz-di-bernardo.html>
- Fair, G.M., Geyer, J.C., & Okun, D.A. (1968). *Water and Wastewater Engineering. Water Purification and Wastewater Treatment and Disposal*. Vol. 2. New York, NY, USA, John Wiley.
- Hilmoe, D.J. and Cleasby, J.L. (1986). Comparing constant rate and declining rate direct filtration of a surface water. *Journal American Water Works Association*, vol. 78, no. 12, p. 26
- Ives, K.J. (1967). Basic Concepts of Filtration. *Proc. Soc. Water Treatment. Exam*, vol 16, p. 147-169.
- Miller, D.G. (1972). Experiences with upflow filtration. *Symposium on New Methods of Water Treatment*, Asuncion, Paraguay.
- Said, Nusa. I., & Herlambang, Arie. (2012). *Pengolahan Air Bersih Dengan Proses Saringan Pasir Lambat Up Flow*. <https://docplayer.info/39261128-Pengolahan-air-bersih-dengan-saringan-pasir-lambat-up-flow-bab-iv-pengolahan-air-bersih-dengan-saringan-pasir-lambat-up-flow.html>
- Shull, K.E. (1965). Experience With Multiple Bed Filters. *Journal of American Water Works Association*, vol. 57, no. 3, p. 230.