

FILTERISASI AIR KRAN / AIR SUMUR LANGSUNG MINUM

Bambang Sulaksono*), Eko Prasetyo**)

*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Srengseng Sawah,
Jagakarasa, Jakarta 12640 Indonesia*

Email: bambang.Sulaksono@univpancasila.ac.id, ekoprasetyo@univpancasila.ac.id

ABSTRAK

Air sumur merupakan kebutuhan yang sangat vital dan merupakan sumber utama kehidupan masyarakat sehari-hari. Untuk menjaga kesehatan maka air minum harus higienis, keberadaan air sekarang sudah tercemar sudah bercampur dari beberapa unsur, sehingga dibutuhkan penanganan lebih serius dengan mengatur kandungan yg terdapat dalam air antara lain , Fe, Mangan, bakteri, timbal, tembaga dan bahan kimia yang berbahaya pestisida arsenik serta kimia lainnya. Zat yang terkandung dalam Air tanah diantaranya kadar besi (Fe) dan Mangan (Mn), jika kita ukur menggunakan TDS meter nilai yang dicapai berkisar antara 220 hingga 280 mg/l tergantung lingkungan atau sumber air tersebut. Termatup Dalam Peraturan Pemerintah PP Nomor 20 Tahun 1990 bahwa zat (Fe) yang dibolehkan dalam air minum maksimum 0,3 mg / l, dan kadar Zat Mangan (Mn) 0.1 mg / l. Untuk mengatur kadar campuran, perlu adanya system filterisasi dari beberapa komposisi bahan sebagai media penyaringnya diantara lain : tangki reaktor dengan kandungan chlorine/kaporit, pasir silika, krikil, filter mangan zeolite, butiran karbon aktif, filter cartridge, dan penyinaran ultra violet serta ozon generator.

Kata kunci: Air Kran/Sumur Siap Minum

ABSTRACT

Well water is a vital necessity and is the main source of people daily life. To maintain health, the consume water must be hygiene today' water condition has been polluted with tons of chemicals and bacteria such as; Fe, Manganese (Mn), lead, copper, and another hazardous toxins like pesticide, arsenic, etc. The ground water contains higher of Fe & Mn, if we measure with TDS meter, it showed from 220 to 280 Mg/I range depending on the site from its taken or the sources. According to Government Regulation No 20, 1990 "Fe's water level that permitted in drinking water is 0,3 Mg/I and 0,1 Mg/I of Mn's" To sort out the problems, it needs a necessary filtering system from different compositions such as; a reactor tank of chlorine, silica sand, zeolite manganese filter, activated carbon granulated, cartridge filter, and UV light.

Keywords: Faucet / Well Water Ready to Drink

PENDAHULUAN

Air (H₂O) terutama air yang bisa diminum perlu menjadikan perhatian, air merupakan sumber kehidupan yang dibutuhkan seluruh makhluk di. Air yang bisa diminum air yang mengandung unsur-unsur tertentu atau mineral tertentu yang diperlukan tubuh manusia. Bahan mineral yang terkandung meliputi kalsium, magnesium, natrium, besi maupun mineral lainnya. Jumlah mineral yang terlarut dalam air minum tidak boleh melebihi ambang batas yang diperlukan tubuh. Jika kandungan mineral jumlahnya sangat tinggi melebihi dari nilai ambang batas, akan mengganggu proses kesehatan pertumbuhan/ perkembangan tubuh.

Kontaminasi pengaruh dari bahan anorganik sukar didegradasi menjadi bakteri yang tidak berbahaya, mengakibatkan lingkungan dapat terakumulasi hingga terjadinya konsentrasi toksik selanjutnya dapat mengakibatkan kerusakan ekologi. Beberapa jenis logam yang mempunyai potensi toksik yaitu kromium, kobalt, nikel dan tembaga. Pada umumnya air dalam hal ini air tanah atau air sumur banyak mengandung zat besi, mangan dan lainnya akibat adanya pencemaran lingkungan yang timbulkan oleh limbah industri, bila tidak dilakukan perbaikan dapat mengganggu kesehatan.

Zat Mangan yang menyatu disimbulkan mineral (MnO₂). Adapun larutan yang baik dalam air bila membentuk ion (Mn²⁺). Untuk Mengetahui Kulaitas air perlu dilakukan pengujian terhadap komposisi kimia dan prosentasenya, untuk mutu air di Indonesia ditunjukan atau dibedakan menjadi 5 golongan yaitu Type golongan A, B, C, D dan E. Type Golongan A: air yang langsung di minum tanpa pengolahan terlebih dahulu. Type Golongan B: air baku untuk minum perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut .

Type Golongan C: air baku yang dipakai untuk perikanan, peternakan dan keperluan lainnya tidak untuk Type golongan A dan B. Type Golongan D: air baku untuk pertanian, industri, Media Pembangkit listrik tenaga air, tidak untuk Type golongan A, B dan C. Type Golongan E: air yang digunakan diluar dari penggunaan Type golongan pada golongan A, B, C dan D.

Tabel 1. Kadar Air Minum yg diizinkan

Parameter	Satuan	Minimamu yang diijazkan	Maksimal yg diperbolehkan	Keterangan
FISIKA				
Temperatur	°C	tem air normal	tem air normal	
Residu terlarut	mg/L	500	1500	
KIMIA				
PH		5 – 9	5 – 9	
Beracun (Ba)	mg/L	nilai	1	
Besi total (Fe)	mg/L	1	5	
Mangan total (Mn)	mg/L	Nilai	1	
Tembaga (Cu)	mg/L	Nilai	1	
Seng (Zn)	mg/L	1	15	
Krom hexavalen (Cr ₆)	mg/L	Nilai	0,05	
Cadmium (Cd)	mg/L	Nilai	0,01	
Raksa total (Hg)	mg/L	0,005	0,001	
Timbal (Pb)	mg/L	0,05	0,1	
Arsen (As)	mg/L	Nilai	0,05	
Selenium (Se)	mg/L	Nilai	0,01	
Sianida (CN ⁻)	mg/L	Nilai	0,05	
Sulfida (S ⁻²)	mg/L	Nilai	Nilai	
Fluorida (F ⁻)	mg/L	9,5	1,5	
Klorida (Cl ⁻)	mg/L	200	600	
Sulfat (SO ₄ ⁻²)	mg/L	200	400	
Amoniak (NH ₃)	mg/L	0,01	0,5	
Nitrat (NO ₃ ⁻)	mg/L	5	10	
Nitrit (NO ₂ ⁻)	mg/L	Nilai	1	
Oksigen terlarut (DO)	mg/L			
Kebatuhan oksigen biologi (BOD)	mg/L	6	-	Air permukaan, dengan lebih dari 6
Kebatuhan oksigen kimia (COD)	mg/L	10	-	
Senyawa aktif fbra metilena	mg/L	Nilai	0,5	
Fenol	mg/L	0,001	0,002	
Minyak dan lemak	mg/L	Nilai	Nilai	
Karbon klorida teroksidasi	mg/L	0,04	0,05	
HCB	mg/L	Nilai	Nilai	
BAKTERIOLOGI				
Kolifora grup	MPM/100mL	10.000	-	
Kolifera tinja	MPM/100mL	2.000*	-	
RADIOLAKTIVITAS				
Aktivitas Beta total	pCi/L	-	100	
Strontium-90	pCi/L	-	2	
Radium-226	pCi/L	-	1	
PESTISIDA				
Aldrin	mg/L	Nilai	0,017	
Chlordane	mg/L	Nilai	0,065	
DDT	mg/L	Nilai	0,012	
Dieldrin	mg/L	Nilai	0,017	
Endrin	mg/L	Nilai	0,001	
Heptaklor	mg/L	Nilai	0,018	
Heptaklor epoxide	mg/L	Nilai	0,018	
Lindane	mg/L	Nilai	0,056	
Melty ethil	mg/L	Nilai	0,055	
Organofosfat dan karboarat	mg/L	Nilai	0,100	
Teoapheno	mg/L	Nilai	0,065	

Penelitian ini ditekankan pada air baku Type Golongan yaitu bahan air minum yang diperlu dilakukan pengolahan tambahan yang diharap cukup menggunakan filterisasi, air dapat diminum langsung dan aman dan sehat. Rekomendasi Aturan yang berlaku secara Internasional yang dikeluarkan oleh organisasi WHO bahwa kualitas air

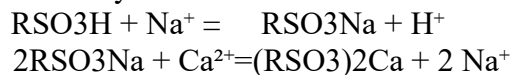
minum yang distandarkan dapat dilihat Tabel 1. Keseluruhan sistem ini menggunakan proses secara kimia, fisika dan biologi).

A. Proses Pertukaran Ion (Ion Exchange)

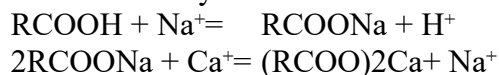
Sistem pertukaran ion biasanya menggunakan zat resin sebagai penukar kation maupun anion. Pertukaran ion dalam air persenyawaan makromolekul yang bermuatan cally.

Pertukaran ion berawal dari resin dibedakan menjadi empat jenis yaitu:

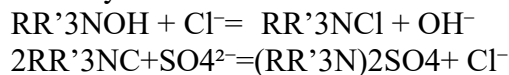
- a. Penukar kation dari asam kuat, bentuk Reaksinya :



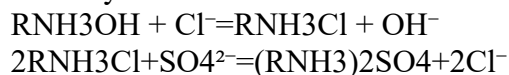
- b. Penukar kation dari asam-asam lemah, bentuk reaksinya :



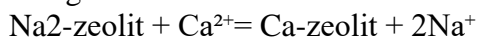
- c. Penukar ion dari kuat basa, bentuk reaksinya :



- d. Penukar ion dari lemah basa, bentuk reaksinya :



Clay berupa larutan bercampur dengan berbagai jenis mineral, baik terhadap unsur zeolit bentuk reaksinya sebagai berikut:



B. Proses Penyerapan (Adsorpsi)

Proses penyerapan ketika suatu cairan atau gas terikat menjadi satu terbentuk padatan pada akhirnya akan membentuk lapisan tipis (film). Adapun mineral yang diserap dinamakan adsorbat atau solute sedangkan untuk mineral yang menyerap dinamakan adsorben.

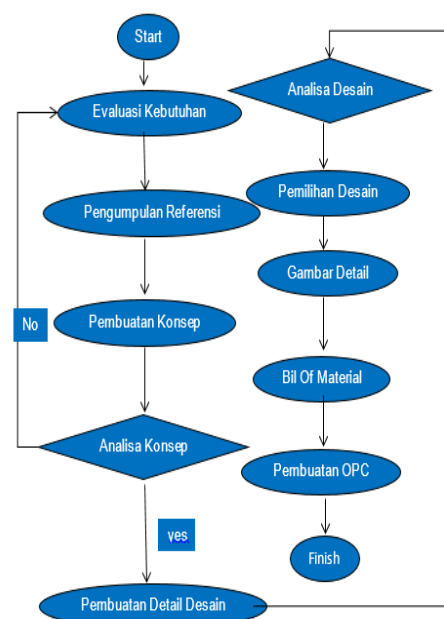
Mineral yang difungsikan sebagai sebagai media penyerap (adsorben) penyerap kotoran yang bercampur dalam cairan. Adsorben umumnya mudah diperoleh keberadaannya dimana- mana contohnya, silica gel, alumina dan karbon aktif sebagai bahan penyaring. Adsorpsi mempunyai dua proses yaitu proses kimia maupun fisika.

C. Proses Filtrasi

Filtrasi proses penyaringan pemisahan partikel padat/koloid dari air dengan menggunakan bermacam – macam media diantaranya menghilangkan bau, menghilangkan keruh dengan metoda filterisasi dan pengendapan.

Untuk penyaringan partikel filter yang digunakan banyak variasi tergantung terhadap kelembutan partikel yang terkandung mulai dari ukuran partikel yang lembut hingga kasar muali dengan demensi pasir berdiameter 0,2-0,35 mm. sedang Untuk patikel ukuran partikel 0,4 – 0,8 mm. digunakan untuk penyaringan cepat

METODE PENELITIAN



Gambar 1 Bagan metode penelitian

Evaluasi Kebutuhan

Evaluasi unsur kimia yang dibutuhkan, bahan penjernih, unsur penghilang bau, unsur menghidupkan baterai, disamping itu evaluasi kebutuhan peralatan, peralatan penampng air, alat pemindah aliran, alat mengatur dan mengontrol baterai

Pengumpulan Materi

Bertujuan untuk mendapat persyaratan, ketentuan yang berlaku pada air minum sehat setiap parameter unsur terhadap jumlah air proses

Dengan cara, Data perpustakaan, Data Internet, Katalog Industri Air Minum.

Pembuatan Konsep Filterisasi

Dimulai dari penyaringan kotoran (pengendapan) diruang rector dengan memasukan clorine, dilakukan penyaringan dilewatkan kasa lembut /halus, pasir silica, menambahkan kadar mangan, memasukan kadar oksigen, penyinaran dengan Ultra Violet untuk membatasi kadar bakteri serta penambahan Ozon untuk menambah serta mengatur bakteri yang diperbolehkan terkandung dalam air minum

Analisa Konsep

Konsep direncanakan coba dianalisa prosesnya setiap tahapan jenis tahapan apakah sdh sesuai dengan sifat air yang akan dilakukan proses sterilisasi, menjadi air higienis siap minum. Melalui pengaturan campuran zat yg dibolehkan dalam proses sesuai jumlah air dan waktu proses

Penbuatan Desain Detail

Pembuatan Kerang /Wadah, Instalsi hinga Proses Perakitan Alat, Terhadap Demensi volume/ kapasitas

Analisa Desain

Desain Terhadap, Kebutuhan Air, Kapasitas Penampungan, Kecepatan aliran, kemudahan operasi, kemudahan maintenance

Pemilihan Detail

Desain Terpilah melalui peninjauan dari beberapa kreteria, terhadap input, proses output, dari tingkat kemudahan operasional, tingkat keselamatan alat dan pelaku operasi

Gambar Detail

Pembuatan Dokumen berupa gambar rancangan filterisasi secara jelas dan lengkap

Bill of Material

Berupa Dokumen perincian dari sebuah bahan dan alat proses filterisasi dari ukuran, jumlah dan kualitasnya.

Pembuatan OPC

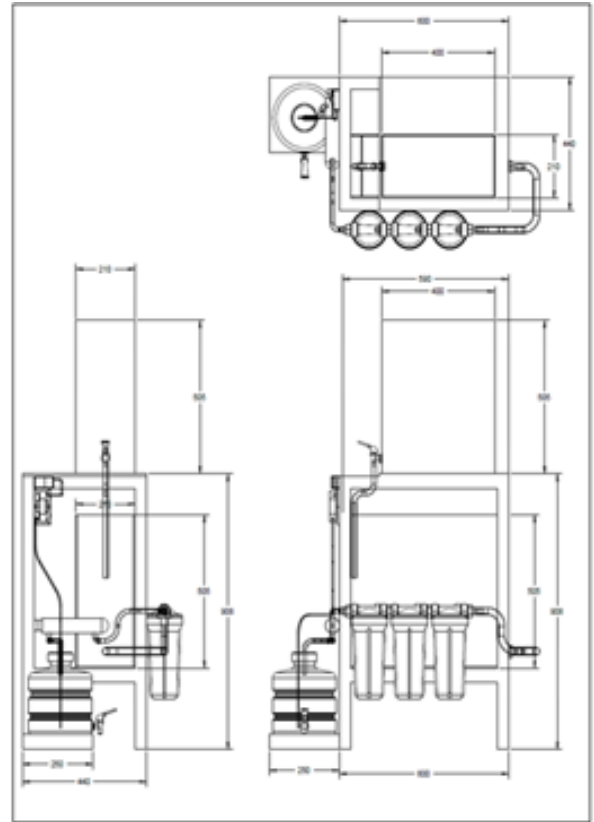
Untuk mengetahui biaya – terhadap proses pembuatan dari awal (nol) hingga selesai diharapkan gambar kebutuhan biaya pembuatan hingga pada akhir mampu menghitung nilai bisnis (nilai jual) produksi alat tersebut.

Finish

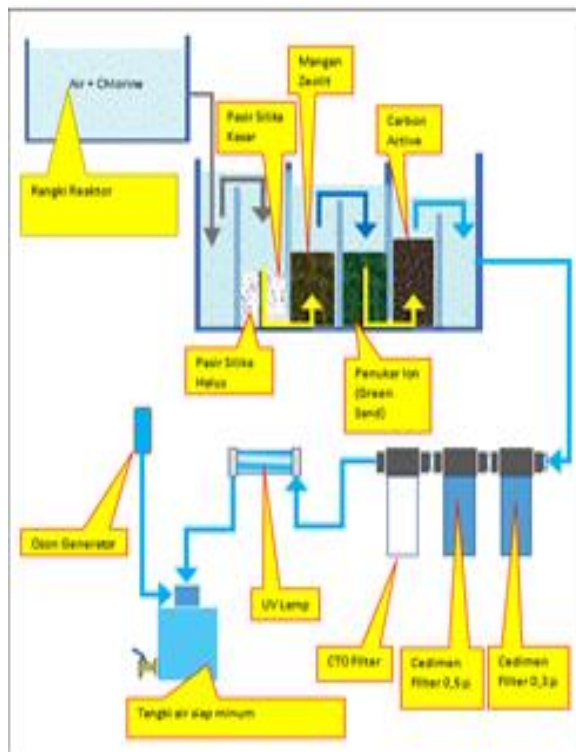
Bahwa program filterisasi Air Sumur/ Air kran sudah selesai dan bisa dimanfaatkan masyarakat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

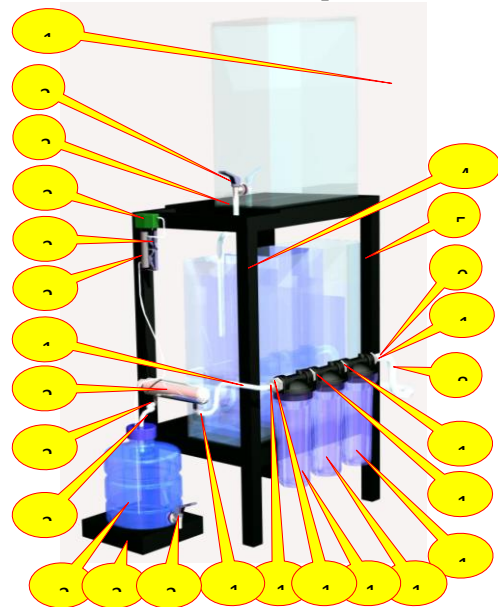
1 Gambar Konsep Desain



Gambar 3. Teknik Desain Filterisasi Air Sumur/ Kran Siap Minum



Gambar 2. Digram Proses Aliran



Gambar 4 Struktur Komponen

Tabel 2 Nama Komponen

No.	Nama Komponen	Takaran	Fungsi Utama
1	Chlorine Granular 90%	0,2 mg/l	Mengoksidasi zat besi dan mangan yang ada di dalam air, serta untuk membunuh kuman atau bakteri coli
2	Pasir silika halus no.1	T: >=15 cm	Menyaring padatan yang ada di dalam air serta oksida besi atau oksida mangan yang terbentuk di dalam tangki reaktor
3	Pasir silika kasar no.2	T: >=13 cm	Menghilangkan zat besi atau mangan yang belum sempat teroksidasi oleh khlorine atau kaporit menjadi bentuk ferri-oksida dan mangan-dioksida yang tak larut dalam air
4	Manganese super Zeolite	1-2,5 kg/l	Menghilangkan polutan mikro misalnya zat organik, deterjen, bau, senyawa phenol serta untuk menyerap logam berat dan lain-lain
5	Carbon Active	T: >=20 cm	Penghilangan kesadahan dengan proses pertukaran ion
6	Zeolite (Green Sand)	1-2 kg	Menghilangkan kekeruhan yang mungkin masih tersisa
7	Cartridge Sediment	0,3 μ	Menghilangkan polutan mikro misalnya zat organik, deterjen, bau, senyawa phenol serta untuk menyerap logam berat dan lain-lain
8	Cartridge Sediment	0,5 μ	Membunuh seluruh bakteri atau mikro organisme yang ada di dalam air
9	Cartridge CTO	10 μ	Membunuh kuman, bakteri, virus dan jamur dalam air, mengawetkan rasa air dan tidak mudah berlumut, serta menyegarkan air
10	UV Lamp	1 GPM (60 ml/s)	
11	Ozon Generator <=10 W	500 mg/h	

Proses air tanah atau sumur untuk dimanfaatkan langsung sebagai air yang langsung bisa diminum tanpa memerlukan proses tambahan melalui proses tahapan panjang dimulai dari air masuk tabung reaktor. Air yang berada di ruang reaktor kemudian dialirkan ke ruang reaktor selanjutnya yaitu pasir selika untuk menyaring kotoran, kemudian untuk mengikat kadar besi di alirkan proses penyaringan dengan oksidasi besi. Kemudian Air dialirkan ke ruang reaktor mangan dan zeolit untuk menghilangkan kadar besi dan mangan yang belum terserap sempurna oleh khlorine atau atas nama lain kaporit. Kemudian air di aliran menuju keruang reaktor karbon aktif dengan tujuan untuk menghilangkan zat organik, deterjen, bau, persenyawaan phenol, dan logam berat lainnya. kemudian air dialirkan ke cartridge dengan urutan ukuran 0,5μ, 0,3μ, 0,2μ dan CTO untuk membersihkan dari sisa partikel padat yang masih terbawa dalam air, dengan tujuan air menjadi jernih dan tidak berbau. Untuk menjamin produk air bebas dari bakteri dan mikro organisme air dialirkan melalui terilisator ultra violet selanjutnya untuk mengatur standar

bakteri yang dibolehkan dengan penambahan ozon menggunakan generator ozon sebagai alat injeksi memasukan ozon kedalam air. Air yang keluar sesuai standar air langsung bisa diminum

Fungsi Kaporit (*Khlorine*)

Kaporit bertujuan untuk menurunkan kadar besi dan mangan di dalam air, dan berfungsi untuk membunuh kuman atau bakteri coli. Dirumuskan dalam Bentuk reaksinya sebagai berikut:
 $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 2\text{Cl}^- + 6\text{H}^+$
 $\text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{MnO}_2 + 2\text{Cl}^- + 4\text{H}^+$

Khlorine (Cl_2) dan ion hipokhlorit (OCl) merupakan media oksidator yang kuat meskipun kondisi Ph rendah dan oksigen terbawa sedikit, namun waktu oksidasi cukup cepat. Mengacu dasar reaksi di atas maka untuk oksidasi setiap satu (1) mg/l zat besi akan dibutuhkan 0,64 mg/l zat khlorine dan untuk setiap satu (1) mg/l mangan dibutuhkan 1,29 mg/l zat khlorine. Namun hasil nyata dari penelitian, penggunaan kadar khlorine lebih banyak dari ketentuan standar teori. Cara memasukan kadar khlorine menggunakan pompa dosing. Laju aliran diatur terhadap jumlah stroke pada pompa dosing. Konsentrasi khlorine yang masuk ke dalam ruang reaktor diatur $\pm 0,1$ ppm.

Filterisasi Media Pasir Dan Filterisasi Media Mangan dan Zeolit

Air proses di lewatkan ruang reaktor dengan media pasir silika dan gravel berfungsi untuk menyerap zat padat di dalam air.

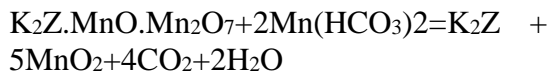
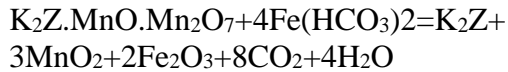
Adapun bentuk Susunan dalam penelitian sebagai berikut:

Lapisan mangan zeolite = 10 cm

Lapisan pasir silika kasar = 2~10 cm

Lapisan pasir silika halus = 1~5 cm

Bentuk oksidasi kimia dapat digambarkan dengan bentuk reaksi sebagai berikut:



Dalam menurunkan kadar besi dan mangan pada reactor zeolite tidak sama. Selama proses berlangsung kemampuan reaksinya semakin lama berkurang. Kekuatan menyerap dan mengakibatkan air menjadi jenuh. Untuk menjaga proses tersebut keberlangsungan dilakukan dengan penambahan larutan Kalium permanganat sehingga akan terbentuk unsur yang terdiri ($K_2Z.MnO.Mn_2O_7$).

Filterisasi Media Karbon Aktif

Karbon aktif berfungsi untuk mengangkat polutan mikro zat organik, seperti deterjen, bau, senyawa phenol, logam berat dan logam lainnya. Dalam proses filterisasi media karbon aktif terjadi proses adsorpsi, yaitu proses pengangkatan zat yang akan dihilangkan oleh media karbon aktif. Apabila kejenuhan air produk, maka kemampuan media tersebut habis energinya, perlu penggantian media karbon aktif baru.

Pencegahan Kesadahan Air

Air baku mengandung kesadahan, perlu adanya peralatan tambahan yang difungsikan sebagai penukar ion (Ion Exchange). Yaitu kalsium dan magnesium ditukar dengan sodium. Prosesnya air jenuh dilewatkan media resin yang diperuntukan untuk penukar ion, bahan tersebut terbuat dari partikel cross-linked polystyrene.

Kebutuhan media penyerapan dengan susunan berupa lapisan penukar ion = setinggi 10~20 cm dan dibutuhkan sodium sebanyak (10 %) untuk perbandingan antara air dengan sodium untuk 1 kg sodium kebutuhan air 10 kg liter air, dilakukan pengadukan dan proses

5 μ . pengendapan ditunggu kira-kira 10~20 menit.

10 Filter (Cartridge)

Alat Proses untuk menyaring molekul atau partikel yang masih terbawa keluar dari ruang reactor dari ukuran 5 μ . sampai 2 μ . Semakin kecil tingkat kejernihan semakin baik.

11 Sterilisator Ultra Violet

Sebagai alat proses untuk mengurangi kuman bakteri sesuai ketentuan dan ukuran sangat tergantung dari air yang diproses liter per menit.

12 Ozon Generator

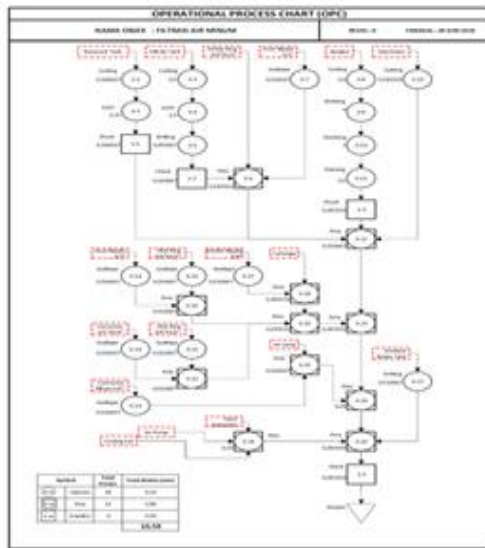
Penyempurnaan dari proses penyinaran energy ultra violet, ozon yang diperoleh dari proses ozonisasi melalui generator dengan tujuan mengurangi kandungan bakteri atau menambah kekurangan bakteri, nilai kebutuhan ozon disesuaikan dengan volume air dengan ketentuan dosis 0,9 g/m³,

Proses Manufaktur

Tabel 3. Komponen Filterisasi Air Sumur/ Kran Langsung Siap Minum

Kategori	No.	Uraian
Material	1	Besi Hollow, 15X35 mm, P: 6 m X 2 batang
	2	Kaca 50X60 cm ; t. 5 mm x 2 lembar
	3	Kaca 50X40 cm ; t. 5 mm x 2 lembar
	4	Kaca 21X60 cm ; t. 5 mm
	5	Kaca 21X40 cm ; t. 5 mm
	6	Kaca 20X50 cm ; t. 5 mm x 2 lembar
	7	Kaca 20X50 cm ; t. 3 mm x 5 lembar
	8	Kaca 20X45 cm ; t. 3 mm
	9	Kaca 20X40 cm ; t. 3 mm
	10	Kaca 20X35 cm ; t. 3 mm
Alat /Mesin	1	Cutting wheel
	2	Welding machine (Lan listrik)
	3	Hand grinder
	4	Drilling machine
	5	Silicone Glue Gun
	6	Mata bor kaca 2,5 mm
Proses	1	Kerangka : a. Cutting b. Welding c. Finishing d. Painting
	2	Reservoir tank air baku : a. Joist
	3	Tangki filter : a. Joist b. Drilling
	4	Assembly

Digram Operational Process Chart (OPC)



Gambar 5 Diagram OPC

KESIMPULAN

Perancangan sistem filtrasi untuk menghasilkan sistem pengolahan air sumur/PDAM menjadi air siap minum. Untuk pengolahan air tanah atau air PAM dapat dilakukan dengan system sederhana tdk harus dengan teknologi canggih. Proses pengolahan air kran siap minum melalui proses oksidasi dengan media kalium permanganate atau chlorine, pada saat dilakukan penyaringan pada filter pasir, filter mangan, filter zeolite filter karbon aktif dan zeolite green sand sebagai penukar ion.

Dari hasil percobaan yang telah kami lakukan output air siap minum menggunakan alat filtrasi yang telah kami buat ini dapat menghasilkan debit kisaran 6,8 ml/s. Sehingga dengan peralatan yang kami gunakan terutama pada UV sterilisator sudah cukup memadai untuk proses disinfeksi, dimana spesifikasi dari UV sterilisator itu sendiri adalah tidak lebih dari 1 GPM atau 60 ml/s.

Tabel 4. Data Sampling Pengujian Internal

Tabel 4. Data Sampling Pengujian Internal

Sample	Debit	PH	TDS
1	6,76 ml/s	8.0	126 ppm
2	6,8 ml/s	7.8	127 ppm
3	6,7 ml/s	8.2	130 ppm
4	6,75 ml/s	8.2	128 ppm
5	6,77 ml/s	8.1	128 ppm
6	6,8 ml/s	7.5	131 ppm
7	6,75 ml/s	7.0	133 ppm
8	6,78 ml/s	7.6	133 ppm
9	6,8 ml/s	8.0	128 ppm
10	6,7 ml/s	8.2	129 ppm
RATA-RATA	6,76 ml/s	7.86	116 ppm

Untuk mempertahankan output system filtrasi sesuai standart air siap minum perlu memperhatikan debit air yang di oleh, kecepatan aliran, kadar kimia / prosentase komposisi dengan output waktu penyerapan / oksidasi kebutuhan kekuatan UV maupun Kadar Ozon

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Benefield, L.D.Judkins, J.F, and Weand, B.L, Process Chemistry For Water And Waste Treatment Prentice- Hall, Inch, Inc, Englewood, 1982
- [2] Fair, G.M, J.C, AND Okun, D.A Element Of Water Suplay And Waste Water Disposal, Second Edition, John Wiley And Sons, New York 1971
- [3] Hamer, M.J, Water And Waste Water Technology, Second Edition, John Wiley And Sons, New York, 1986
- [4] Peavy, H.S, Rowe. D > R AND Tchobanaglou, SG, ^Enviromental Engineering^, Mc Graw – Hill Book Company, Singapore, 1986
- [5] Tatsumi Iwao, Water Work Engineering (Josui Kogaku), Japanese Edition, Tokyo,1971