

PENINGKATAN KUALITAS AIR BERSIH PEDESAAN DENGAN PENERAPAN SISTEM PENYARING AIR ALIRAN UP-FLOW PADA SISTEM AIR BERSIH DI DESA MENYALI

M. Suarda¹, I G.N.O. Suputra², dan N.M. Suaniti³

ABSTRAK

Ketersediaan kuantitas dan kualitas air bersih masih menjadi permasalahan baik di daerah perkotaan maupun pedesaan. Seperti di desa Menyali kecamatan Sawan kabupaten Buleleng provinsi Bali sumber air bersihnya memanfaatkan rembesan air sawah. Kualitas sumber air tersebut umumnya belum memenuhi syarat kualitas baku mutu air bersih. Untuk itu dibutuhkan teknologi penyaring air yang sederhana, mudah dan murah. Salah satu alternative solusi potensialnya adalah penerapan teknologi saringan pasir lambat. Seperti yang telah diterapkan dalam program KKN-PPM di desa Menyali, media penyaring menggunakan media ganda yaitu pasir silica sebagai media penyaring dan karbon aktif sebagai penghilang warna dan bau. Aliran air melewati media penyaring dirancang dari bawah ke atas (*up-flow*), dan proses pencucian media penyaring secara gravitasi tanpa menggunakan pompa air dan blower. Penyaring air baku (kotor) menjadi air bersih yang dibuat menggunakan media penyangga ijuk, media penyaring pasir silica tebal 30 cm dan karbon aktif tebal 40 cm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa air bersih hasil penyaringan telah memenuhi baku mutu air kelas I sesuai yang dipersyaratkan dalam Peraturan Gubernur Bali nomor 16 tahun 2016. Namun belum memenuhi baku mutu air minum, sehingga air bersih tersebut harus dimasak sampai mendidih terlebih dahulu jika akan diminum.

Kata kunci : Penyaring air, air bersih, saringan pasir lambat, pasir silica, carbon aktif, *upflow*

ABSTRACT

Availability of quantity and quality of clean water is a problem both in urban and rural areas. As in the Menyali village, Sawan sub-district, Buleleng regency, Bali province, the source of clean water utilizes paddy water seepage. The quality of the water source generally does not meet to clean water quality standards. Therefore, it requires a water filter which should be simple, easy and cheap. One potential alternative solution is the application of slow sand filter technology. As implemented in the KKN-PPM program in Menyali village, filter media is using dual media, silica sand and activated carbon. The raw water flow from the bottom to upside of the filter media (*up-flow*), and the back wash of the filter media is by gravity without the use of water pumps and blowers. The raw water is filtered into clean water by using the palm fibers as holding medium, silica sand filter media of 30 cm thickness and 40 cm thickness of activated carbon. Furthermore, the laboratory results show that the clean water from filtration product has fulfilled the class I water quality standards as required by Bali Governor Regulation number 16 of 2016. However, it does not yet fulfill drinking water quality standard, therefore, the clean water must be boiled first for drinking water.

Keywords: Water filter, clean water, slow sand filter, silica sand, activated carbon, *up-flow*

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana, jaka_ngr@yahoo.co.id

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, okasuputra@yahoo.com

³ Staf Pengajar Jurusan Ilmu Kimia Fakultas MIPA Universitas Udayana, suanitisr@yahoo.com

1. PENDAHULUAN

Sesuai dengan target Millenium Development Goals (MDG's) bahwa di tahun 2019 minimal 100 persen penduduk Indonesia harus terlayani air bersih yang layak. Bahkan oleh pemerintah pusat, provinsi Bali ditarget 85 persen. Untuk itu berbagai upaya telah dilakukan untuk bisa memenuhi target tersebut. Sebagai contoh, desa Menyali adalah salah satu desa di kecamatan Sawan kabupaten Buleleng provinsi Bali, walaupun desa ini terletak di suatu bukit, namun tidak terdapat mata air yang dapat dialirkan ke lokasi perumahan desa ini, maka memanfaatkan air sungai untuk kebutuhan masyarakat sehari-hari. Demikian pula di daerah pedesaan lainnya kebanyakan orang menggunakan air tanah untuk kebutuhan hidup mereka sehari-hari. Air tanah ini umumnya mengandung Fe dan Mn yang tinggi (Binnie dan Kimber, 2013).

Dokumen Hindu yang tercatat pada tahun 450 SM menunjukkan bahwa penyaring yang terdiri dari media pasir dan arang telah digunakan untuk menjernihkan air menjadi air minum (Sutrisno dan Suciasti, 1987). Untuk merubah air baku tersebut menjadi air bersih memerlukan proses pengolahan air, seperti Instalasi Pengolahan Air (IPA) yang digunakan di PDAM. Dewasa ini telah ada alat-alat yang dipasarkan untuk meningkatkan kualitas air. Peralatan tersebut merupakan penyaring air dengan menggunakan media penyaring pasir dan karbon aktif. Namun peralatan tersebut cukup mahal dan membutuhkan biaya operasional yang cukup tinggi, karena untuk membersihkan filter tersebut (proses *back-wash*) setelah mengalami *clogging* membutuhkan pompa air dan/atau blower. Bahkan telah ada penyaring air sederhana, namun proses penyaringannya juga dilakukan dari atas kebawah sehingga untuk membersihkan media penyaringnya tidak praktis. Penyaring air sederhana ini dapat dipertimbangkan sebagai proses awal pengolahan air permukaan yang efisien untuk digunakan dalam pelayanan air bersih (Linsley dan Franzini, 1991). Tentunya teknologi tidak cocok untuk diterapkan di daerah pedesaan yang secara umum tingkat perekonomiannya rendah.

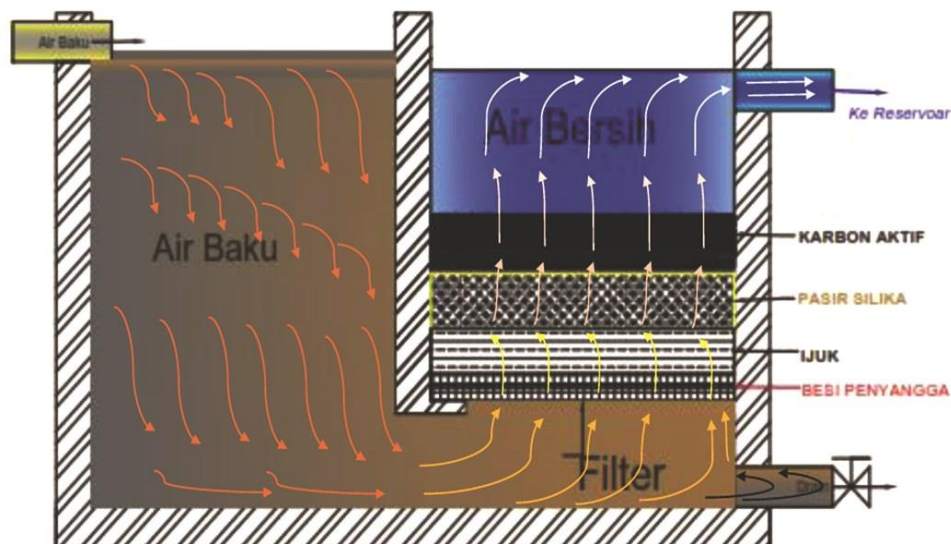
Permasalahan yang ada adalah mengingat air sungai tersebut bukan air bersih maka perlu dilakukan proses pengolahan dari air baku (air sungai) menjadi air bersih yang layak untuk dimanfaatkan masyarakat, terutama di musim penghujan air baku tersebut akan keruh dan tak layak untuk kebutuhan masyarakat. Adapun standar kualitas air bersih telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan R.I No: 416/MENKES /PER/IX/1990 tanggal 3 September 1990. Salah satu alternatif yakni dengan menggunakan teknologi pengolahan air sederhana dengan "Saringan Pasir Lambat". Sistem saringan pasir lambat adalah merupakan teknologi pengolahan air yang sangat sederhana dengan hasil air bersih dengan kualitas yang baik. Sistem saringan pasir lambat ini mempunyai keunggulan antara lain tidak memerlukan bahan kimia (koagulan) yang mana bahan kimia ini merupakan kendala sering dialami pada proses pengolahan air di daerah pedesaan. Untuk itu, dalam KKN-PPM di desa Menyali dibuat penyaring air sederhana untuk memproses air baku dan menghasilkan air bersih yang memenuhi baku mutu air bersih. Proses penyaringan air dari bawah ke atas (*upflow*) media penyaring, dengan menggunakan bahan-bahan yang mudah didapat, dan mudah serta murah operasionalnya. Target yang ingin dicapai adalah bahwa alat penyaring air dengan teknologi tepat guna dapat memproses air baku dan menghasilkan air bersih yang memenuhi baku mutu air bersih.

2. METODE PELAKSANAAN

2.1. Rancangan Penelitian

Sistem penyaring air yang dibuat adalah unit pengolah dari air baku menjadi air bersih berupa penyaring air sederhana untuk sistem air bersih pedesaan yang mudah dioperasikan dan murah biayanya. Untuk itu dibutuhkan sebuah rancangan penyaring air sederhana yang tidak

membutuhkan mesin pompa atau blower untuk membersihkan filter tersebut saat telah kotor (*clogging*). Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (Suarda dkk., 2011), maka dibuat rancangan penyaring air sederhana untuk untuk sistem air bersih pedesaan dalam skala lebih besar, yaitu seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan penyaring air sederhana untuk untuk sistem air bersih pedesaan

Secara konseptual proses penyaringan pada alat tersebut dilakukan dari bawah media ke atas sehingga proses pembersihan filter dapat dilakukan cukup dengan cara yang sangat sederhana yaitu dengan membuka katup drainnya saja. Alat penyaring air sederhana tersebut menggunakan double media penyaring yaitu pasir silica dan karbon aktif, namun proses back-wash dilakukan secara gravitasi sehingga tidak membutuhkan pompa air dan/atau blower. Dengan demikian penyaring air ini murah dan mudah dioperasikan, sehingga teknologi ini sangat cocok untuk diterapkan di pedesaan. Adapun spesifikasi penyaring air yang diusulkan adalah sebagai berikut:

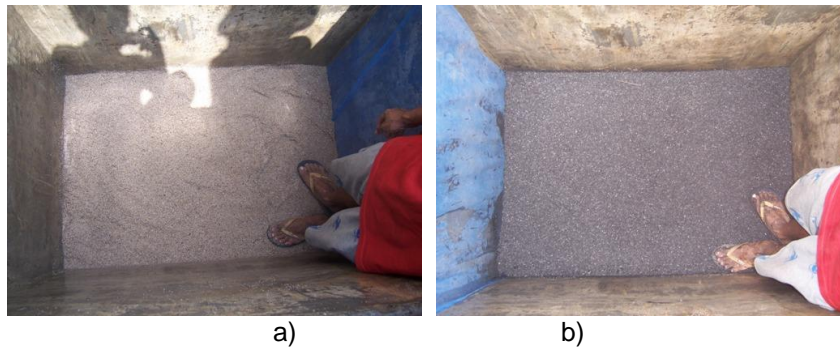
- a. Air hasil penyaringan adalah air bersih yang memenuhi standar fisika air bersih yang dipersyaratkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan R.I No : 416/MENKES/PER/IX/1990 tanggal: 3 September 1990.
- b. Filter terbuka dengan laju filtrasi tinggi, laju penyaringan airnya adalah $2,5 \text{ m}^3/\text{jam}$ per meter persegi media penyaring.
- c. Pencucian yang efisien dan ekonomis, yaitu mudah mengoperasikannya dan murah biayanya.
- d. Diameter media penyaring :
 - Pasir silica = $0,7 \div 1,4 \text{ mm}$
 - Karbon aktif = $1 \div 3 \text{ mm}$
 - Arang = $20 \div 40 \text{ mm}$

Adapun urutan proses penyaringan air seperti ditunjukkan pada Gambar 1 adalah:

- 1) Air sungai (air baku) yang dialirkan secara gravitasi melalui pipa masuk ke dalam bak air baku. Pada bak ini akan terjadi sedimentasi, kemudian mengalir melalui bagian paling bawah menuju bak penyaring.
- 2) Melewati bagian bawah bak penyaring air akan mengalir dari bawah ke atas melewati media ijuk, arang batok kelapa, pasir silica dan karbon aktif. Air bersih hasil penyaringan, akan melimpah ke reservoir. Selanjutnya dari reservoir didistribusikan ke pelanggan/masyarakat.
- 3) Setelah beroperasi dalam kurun waktu tertentu, tergantung kekeruhan air baku, media penyaring akan mengalami penyumbatan (*clogging*), dimana akan ditunjukkan oleh meningkatnya elevasi di bak air baku. Jika ini sudah terjadi maka perlu dilakukan pembersihan (*back wash*) secara gravitasi dengan cara membuka katup penguras, sehingga lumpur yang ada

dibagian bawah bak akan terkuras, dan kotoran yang menyumbat media akan jatuh ke bawah terbawa air bersih yang ada di bagian atas penyaring (proses *rising*). Jika air yang keluar dari katup penguras sudah bersih, kemudian tutup kembali katup penguras untuk melakukan proses penyaringan air kembali.

Sistem penyaring air yang dibuat sesuai rancangan yang diajukan menggunakan double media yaitu pasir silica dan karbon aktif, seperti pada Gambar 2. Untuk menyangga kedua media tersebut dipasang ijuk sebelum pasir silica dan karbon dimasukkan ke bak.



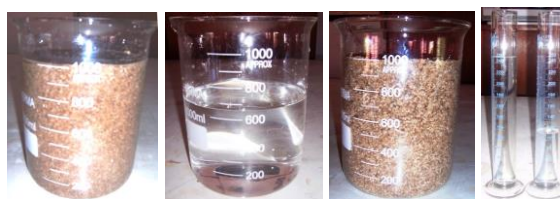
Gambar 2. Media penyaring: a) pasir silica, b) karbon aktif

Pasir silica (dengan kadar SiO₂ sekitar 98%) digunakan sebagai media penyaring untuk menyaring partikel-partikel lumpur dan kotoran lainnya yang ada pada air baku. Ukuran butiran pasir silica antara 0,7 ÷ 1,4 mm. Sebelum pasir silica tersebut dimasukkan ke dalam bak penyaring, pasir tersebut harus dicuci bersih terlebih dahulu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Head loss media penyaring

Volume pori dapat diukur dengan cara sederhana yaitu dengan cara mengisi media filter dengan air, kemudian mengukur volume air yang mengisi pori-pori media tersebut, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengukuran porositas pasir silica

Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa 1000 ml pasir silica pori-porinya terisi air sebanyak 362 ml air, ini berarti :

$$V_v = \text{Volume pori} = 362 \text{ ml} = 0,362 \text{ m}^3$$

$$V_s = \text{Volume butiran} = (1000 - 362) \text{ ml} = 638 \text{ ml} = 0,638 \text{ m}^3$$

maka angka pori (*void rasio*) adalah perbandingan antara pori dan volume butiran (Das, 1993).

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{0,362}{0,638} = 0,58$$

Porositas media filter (Bowles, 1991) adalah:

$$p = \frac{e}{1+e} = \frac{0,58}{1+0,58} = 0,37$$

Hambatan (*head losses*) media penyaring dari filter diperoleh dengan persamaan Kozeny (Fair, 1968), yaitu:

$$h_{Lm} = \frac{K}{g} \cdot v \cdot \nu \cdot \frac{(1-p)^2}{p^3} \cdot \left(\frac{6}{\psi \cdot d} \right)^2 \cdot t_m \quad (1)$$

Dimana h_{Lm} adalah head loss media filter (m), t_m adalah tebal media filter (m), K adalah koefisien permeabilitas Kozeny (untuk air $K = 5$), ψ adalah sphericity, dengan harga 0,7, v adalah kecepatan penyaringan air (m/det), ν adalah viskositas kinematik air (m^2/det), d adalah diameter butiran media penyaring (m), dan g adalah percepatan gravitasi bumi (m/det^2).

Debit aliran air melewati penyaring dengan luas penampang 1 m^2 adalah 1,5 liter/detik, maka kecepatan aliran air melewati media adalah 0,002 meter/detik atau 7,2 meter/jam. Air pada temperatur 20°C mempunyai viskositas kinematik $1,01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/dt$.

Ketebalan pasir silica (diameter rata-rata 1 mm) dalam bak penyaring adalah 35 cm, maka didapatkan head losses dari media pasir silica adalah:

$$H_{l,ps} = \frac{5}{9,81} (0,002)(1,01 \cdot 10^{-6}) \frac{(1-0,37)^2}{0,37^3} \left(\frac{6}{(0,7)(0,001)} \right)^2 (35) = 0,156 \text{ meter}$$

Jadi rasio head losses media pasir silica terhadap ketebalannya adalah 0,446.

Karbon aktif atau arang aktif adalah material yang berbentuk butiran yang berasal dari material yang mengandung karbon misalnya batubara, kulit kelapa, dan sebagainya. Dengan pengolahan tertentu yaitu proses aktivasi seperti perlakuan dengan tekanan dan suhu tinggi, dapat diperoleh karbon aktif yang memiliki permukaan dalam yang luas. Pada penyaring ini digunakan karbon aktif.



Gambar 4. Pengukuran porositas karbon aktif

Volume pori karbon tersebut dapat diukur dengan cara sederhana yaitu dengan cara mengisi karbon dengan air, kemudian mengukur volume air yang mengisi pori-pori karbon tersebut, seperti pada Gambar 4. Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa 1000 ml karbon aktif pori-porinya terisi air sebanyak 447 ml air, ini berarti :

$$V_v = \text{Volume pori} = 447 \text{ ml} = 0,447 \text{ m}^3$$

$$V_s = \text{Volume butiran} = (1000 - 447) \text{ ml} = 553 \text{ ml} = 0,553 \text{ m}^3$$

maka angka pori karbon aktif tersebut adalah:

$$e = \frac{0,447}{0,553} = 0,81$$

dan porositas karbon aktif tersebut adalah:

$$p_{ka} = \frac{0,81}{1+0,81} = 0,45$$

Ketebalan karbon aktif (diameter rata-rata 2 mm) dalam bak penyaring adalah 45 cm., maka didapatkan head losses dari media karbon tersebut adalah:

$$H_{l,ka} = \frac{5}{9,81} (0,002)(1,01 \cdot 10^{-6}) \frac{(1-0,45)^2}{0,45^3} \left(\frac{6}{(0,7)(0,002)} \right)^2 (45) = 0,021 \text{ meter}$$

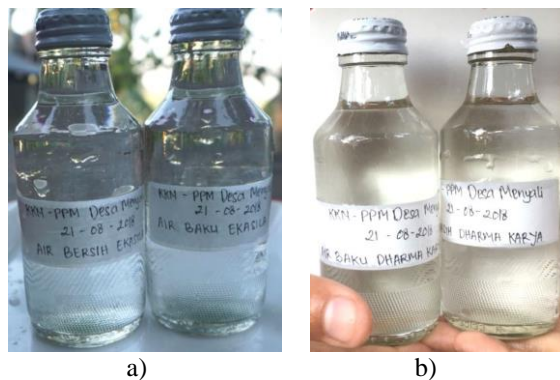
Jadi rasio head losses media karbon aktif terhadap ketebalannya adalah 0,047.

Maka total head losses dari media penyaring adalah

$$H_{Lm} = H_{l,ps} + H_{l,ka} = 0,156 + 0,021 = 0,177 \text{ meter} = 17,7 \text{ cm}$$

Namun dari hasil pengukuran yang dilakukan pada penyaring air yang sudah dibuat, menunjukkan bahwa perbedaan antara elevasi air di bak air baku dan bak air bersih pada penyaring adalah 20 cm. Ini berarti ijuk sebagai penyangga media penyaring menyebabkan head losses sekitar 2,3 cm.

3.2. Kualitas air bersih hasil penyaringan



Gambar 5. Sampel air baku dan air bersih: a) Penyaring Kawanan; b) Penyaring Kawanan

Untuk mengetahui performansi alat penyaring air yang telah dibuat, maka dilakukan pengujian kualitas air baku dan air bersih di Laboratorium. ampel air baku dan air bersih, Gambar 5, yang telah diambil dibawa ke Laboratorium Analitik Universitas Udayana untuk dilakukan pengujian oleh petugas Laboratorium. Hasilnya adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2.

Performansi alat penyaring ini ditunjukkan oleh prosentase penurunan kandungan fisik, kimia dan bakteri dari air baku, seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Dari tabel ini juga dapat dilihat bahwa air hasil penyaringan memenuhi syarat air bersih bahkan hampir memnuhi syarat air minum kecuali kandungan bakteri coliformnya yaitu sebanyak 3 mg/ltr, dimana seharusnya tidak boleh ada coliform. Untuk itu harus dimasak terebih dahulu sebelum digunakan sebagai air minum. Selanjutnya, pada alat penyaring air ini perlu dilengkapi penambahan desinfektan, misal gas chlor, untuk membunuh kuman/bakteri yang masih ada pada air bersih tersebut.

Tabel 1. Hasil uji sample air sub sistem Kanganan

No.	Parameter	Metode	Satuan	Hasil Uji		Baku Mutu	
				Air Baku	Air Bersih	Air Kelas I ^{*)}	Air Minum ^{**)}
1.	pH	Elektrometri	-	7.610	7.710	6 – 9	6 – 9
2.	Kekeruhan	Spektrofotometri	NTU	12.700	ttd	50	5
3.	BOD ₅	Titrimetri	mg/L	4.350	3.100	2	2
4.	COD	Titrimetri	mg/L	11.261	9.754	10	10
5.	Deterjen	Spektrofotometri	mg/L	0.093	ttd	0.2	0,2
6.	Timbal (Pb)	Spektrometri Emisi	mg/L	0.005	0.004	0.03	0,03
7.	Kadmium (Cd)	Spektrometri Emisi	mg/L	0.004	0.003	0.01	0,01
8.	Nitrit (NO ₂ ⁻)	Spektrofotometri	mg/L	0.030	0.006	0.06	0,06
9.	Nitrat (NO ₃ ⁻)	Spektrofotometri	mg/L	0.765	0.317	10	10
10.	Posfor (P)	Spektrofotometri	mg/L	2.096	0.938	0.2	0,2
11.	<i>E. Coli</i>	MPN Methods	MPN/100mL	0	0	100	100
12.	<i>Coliforms</i>	MPN Methods	MPN/100mL	0	0	1000	1000

Tabel 2. Hasil uji sample air sub sistem Kawanan

No.	Parameter	Metode	Satuan	Hasil Uji		Baku Mutu	
				Air Baku	Air Bersih	Air Kelas I ^{*)}	Air Minum ^{**)}
1.	pH	Elektrometri	-	6.870	7.310	6 – 9	6 – 9
2.	Kekeruhan	Spektrofotometri	NTU	13.200	ttd	50	5
3.	BOD ₅	Titrimetri	mg/L	3.070	2.660	2	2
4.	COD	Titrimetri	mg/L	8.750	6.256	10	10
5.	Deterjen	Spektrofotometri	mg/L	0.139	0.053	0.2	0,2
6.	Timbal (Pb)	Spektrometri Emisi	mg/L	0.005	0.004	0.03	0,03
7.	Kadmium (Cd)	Spektrometri Emisi	mg/L	0.003	0.003	0.01	0,01
8.	Nitrit (NO ₂ ⁻)	Spektrofotometri	mg/L	0.003	ttd	0.06	0,06
9.	Nitrat (NO ₃ ⁻)	Spektrofotometri	mg/L	1.168	0.706	10	10
10.	Posfor (P)	Spektrofotometri	mg/L	1.091	0.920	0.2	0,2
11.	<i>E. Coli</i>	MPN Methods	MPN/100mL	0	0	100	100
12.	<i>Coliforms</i>	MPN Methods	MPN/100mL	0	0	1000	1000

Dari hasil pengujian di Laboratorium Analitik Universitas Udayana menunjukkan bahwa kualitas air bersih hasil penyaringan dari alat penyaring yang telah dibuat dapat meningkatkan kualitas air secara signifikan, dan memenuhi baku mutu air bersih sesuai yang dipersyaratkan dalam Peraturan Gubernur Bali nomor 16 tahun 2016 atau Permenkes No:416/MENKES/PER/IX/1990 Tanggal 3 September 1990. Namun belum memenuhi baku mutu air minum seperti yang dipersyaratkan dalam Permenkes No: 907/MENKES/SK/VII/2001 Tanggal 29 Juli 2002 karena masih mengandung *Coliforms* sebanyak 3 mg/ltr. Karena air bersih tersebut masih mengandung *Coliforms* maka dalam pemanfaatannya oleh masyarakat khususnya untuk diminum, air bersih tersebut harus dimasak sampai mendidih terlebih dahulu. Di masa mendatang, alat penyaring air ini perlu ditambahkan alat penginjeksi desinfektan (misalnya gas chlor) untuk membunuh bakteri dan kuman-kuman yang mungkin terkandung dalam air tersebut.

Selanjutnya, disarankan pada alat penyaring air ini dilengkapi penambahan desinfektan untuk membunuh kuman/bakteri yang masih ada pada air bersih tersebut. Desinfektan digunakan untuk membunuh bakteri dan virus yang ada dalam air, namun tidak beracun untuk manusia. Desinfektan yang umumnya digunakan dalam pengolahan air adalah klorinasi, ozonisasi, dan sinar ultra violet

(Binnie & Kimber, 2013). Sistem desinfektan yang umum digunakan dan murah biayanya adalah klorinasi. Klorinasi dapat membunuh semua bakteri dan virus walaupun ada beberapa bakteri yang tahan (*resistant*) termasuk bakteri E-coli yang sering ditemukan dalam kandungan air bersih pedesaan.

4. SIMPULAN DAN SARAN

Penyaring air baku (sungai) menjadi air bersih yang dibuat menggunakan media penyangga ijuk, media penyaring pasir silica tebal 35 cm dan karbon aktif tebal 45 cm mengakibatkan head losses sebesar 20 cm pada laju aliran penyaringan 7,2 meter/jam. Disamping itu, penyaring air yang telah dipasang telah dapat beroperasi dengan baik dan dapat meningkatkan kualitas air hingga memenuhi baku mutu air Kelas I sesuai peraturan Gubernur Bali nomor 16 tahun 2016. Namun, pemahaman lebih lanjut sangat perlu diberikan kepada pengurus UPT air desa bahwa perlu dilakukan pemantauan secara rutin terhadap kondisi penyaring air kapan dibutuhkan pembersihan media penyaring (*back-wash*).

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada disampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi, dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Udayana. Paper ini disajikan sebagai pertanggungjawaban Pengabdian KKN-PPM tahun anggaran 2018 sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan nomor: 172.11/UN14.4.A/PM/2018, tanggal 19 Pebruari 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Binnie C., and Kimber M.. 2013. *Basic Water Treatment*. 5th edition, ICE Publishing, London.
- Bowles J.E. 1991, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta
- Das B.M. 1993, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid Satu, Terjemahan Noor Endah, Erlangga, Jakarta
- Fair G.M. 1968, *Water and Wastewater Engineering*, Volume II, John Willey and Sons, Inc., New York
- Linsley R.K., dan Franzini J.B. 1991, *Teknik Sumber Daya Air*, Edisi Ketiga, Jilid Dua, Terjemahan Sasongko D., Erlangga, Jakarta
- Peraturan Gubernur Bali Nomor 16 Tahun 2016 tentang *Baku Mutu Lingkungan Hidup Dan Kriteria Baku Kerusakan Lingkungan Hidup*
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 1990 tentang *Pengendalian Pencemaran Air*
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 416 Tahun 1990 tentang *Syarat-syarat dan pengawasan kualitas Air*
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492 Tahun 2010 tentang *Persyaratan Kualitas Air Minum*
- Suarda M., dkk. 2011, *IbM Sistem Air Bersih Desa Bontihing*, Laporan Penelitian IbM, 2011 Universitas Udayana
- Sutrisno C.T., dan Suciasti E. 1987, *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Cetakan Pertama, PT. Bina Aksara, Jakarta