



## PERANCANGAN *CASCADE AERATOR* UNTUK MENURUNKAN PARAMETER BESI DAN MANGAN DALAM PENGOLAHAN AIR SUMUR

Febrina Zulya\*, Fahrizal Adnan, Yodi P. Dewi, Searphin Nugroho, Indriani M. Manik, Yusi Tirana, Rifqa Rahni, Muhammad Z. Difachwan, Ridho F. Widiyanto, Maulya I. N. Faizah, Waryati

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Mulawarman  
Jalan Sambaliung No. 9 Kampus Gunung Keluar Samarinda 75119

\*Korespondensi penulis: [febrinazulya@ft.unmul.ac.id](mailto:febrinazulya@ft.unmul.ac.id)

### ABSTRAK

Besi dan mangan adalah unsur logam yang umum ditemukan dalam air tanah seperti air sumur. Apabila air sumur tersebut digunakan dalam jangka panjang, dapat menyebabkan berbagai masalah. Kandungan besi dan mangan dalam air sumur dapat diturunkan melalui proses aerasi. Aerasi adalah proses pengontakan air dengan oksigen agar terjadi reaksi oksidasi. Baku mutu besi dan mangan dalam PERMENKES No. 32 Tahun 2017 ialah 1 mg/L dan 0,5 mg/L. Penelitian ini bertujuan untuk mengolah air sampel yaitu air sumur di Jalan Perjuangan 1, Kelurahan Sempaja Selatan, Kecamatan Samarinda Utara yang mengandung besi 2,3 mg/L dan mangan 0,4 mg/L dengan *cascade aerator*. Proses aerasi dilakukan dengan debit 0,027 m<sup>3</sup> dan waktu detensi 30, 60, dan 90 menit. Adapun kandungan besi dan mangan setelah 30 menit ialah 1,7 mg/L dan 0,09 mg/L, setelah 60 menit sebesar 2,4 mg/L dan 0,07 mg/L, dan setelah 90 menit sebesar 0,4 mg/L dan < 0,02 mg/L. Nilai *Dissolved Oxygen* (DO) pada waktu detensi 30, 60, dan 90 menit ialah 1,2 mg/L, 1,3 mg/L, dan 1,59 mg/L. Berdasarkan nilai tersebut, dapat diketahui setelah 90 menit kandungan besi dalam air sampel telah memenuhi baku mutu. Efisiensi penyisihan besi dan mangan ialah 82,6% dan 95,5%, sedangkan peningkatan DO sebesar 25,25%.

**Kata Kunci:** Air Sumur, *Cascade Aerator*, *Dissolved Oxygen*, Kandungan Besi, Kandungan Mangan

### 1. Pendahuluan

Masyarakat di Indonesia banyak yang menggunakan sumur gali untuk memenuhi kebutuhan mereka akan air bersih. Berdasarkan observasi di masyarakat, diketahui kualitas fisik air sumur gali banyak yang berwarna kuning kecoklatan dan jika digunakan untuk mencuci pakaian akan meninggalkan noda, hal ini disebabkan kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) yang tinggi [1, 2], dan tidak jarang melebihi baku mutu yang telah ditetapkan untuk kebutuhan air bersih ataupun air minum [3]. Besi atau mangan masuk ke dalam air oleh karena reaksi biologis pada kondisi reduksi atau anaerobik (tanpa oksigen). Jika air yang mengandung besi atau mangan dibiarkan terkena udara atau oksigen maka reaksi oksidasi besi atau mangan akan timbul dengan lambat dan membentuk endapan atau gumpalan koloid dari oksida besi atau oksida mangan yang tidak diharapkan. Endapan koloid ini akan menempel atau tertinggal dalam sistem perpipaan, menyebabkan noda pada cucian pakaian, serta dapat menyebabkan masalah pada sistem pipa distribusi disebabkan karena dapat menyokong tumbuhnya mikroorganisme seperti *crenotherix* dan *clonotherix* yang dapat menyumbat perpipaan serta dapat menimbulkan warna dan bau yang tidak enak [4]. Pada konsentrasi rendah, zat besi dan mangan dapat menimbulkan rasa atau bau logam pada air minum dan tentunya memiliki potensi bahaya jika dikonsumsi [5].

Penambahan oksigen (aerasi) adalah salah satu usaha dari pengambilan zat pencemar dengan tujuan konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali. Dalam keadaan teroksidasi, besi terlarut di dalam air. Bentuk senyawa besi terlarut ialah Fe<sup>2+</sup>. Ketika kontak dengan oksigen atau oksidator lainnya, besi akan teroksidasi menjadi valensi yang lebih tinggi dengan bentuk ion kompleks baru yang tidak larut ke tingkat yang cukup besar. Oleh karena itu, besi dihilangkan dengan pengendapan setelah aerasi [6]. *Cascade aerator* adalah unit aerasi dimana air diterjunkan lewat *step* atau terjunan, biasanya



terdiri atas 4 - 8 *step*/tangga, setiap *step* kira-kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira 0,01 m<sup>3</sup>/detik untuk menghilangkan putaran (*turbulen*) guna menaikkan efisiensi aerasi hambatan sering terjadi di tepi peralatan pada setiap *step*. Keuntungan dari *cascade* adalah pemeliharannya mudah [7].

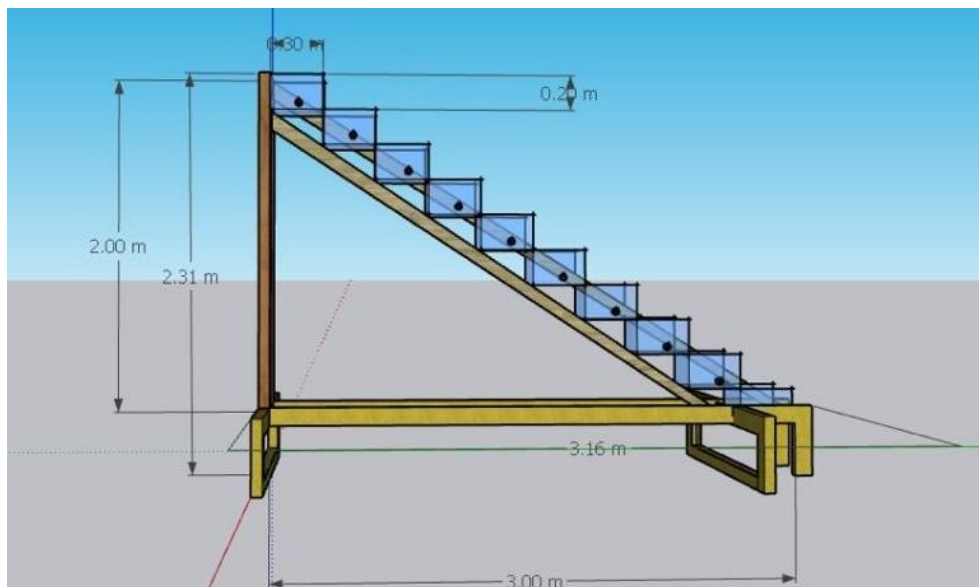
Baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi diatur dalam PERMENKES No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, dan Pemandian Umum. Air bersih yang biasa digunakan dalam kegiatan sehari-hari tergolong dalam air untuk keperluan higiene dan sanitasi. Baku mutu parameter besi dan mangan untuk air keperluan higiene sanitasi ialah 1 mg/L dan 0,5 mg/L [8].

Berdasarkan uji laboratorium di PT. Global Environment Laboratory (GEL), kandungan besi dan mangan pada salah satu air sumur di Jalan Perjuangan 1, Kelurahan Sempaja Selatan, Kecamatan Samarinda Utara adalah 2,3 mg/L dan 0,4 mg/L dimana kadar besi untuk air sumur tersebut melebihi baku mutu. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dirancang *cascade aerator* untuk mengolah air sumur Jalan Perjuangan 1 dan mengetahui efisiensi penurunan besi dan mangan dalam pengolahan tersebut. Pada penelitian ini dilakukan pula pengukuran *Dissolved Oxygen* (DO) sebagai nilai kandungan oksigen yang berperan dalam oksidasi besi dan mangan terlarut dalam air.

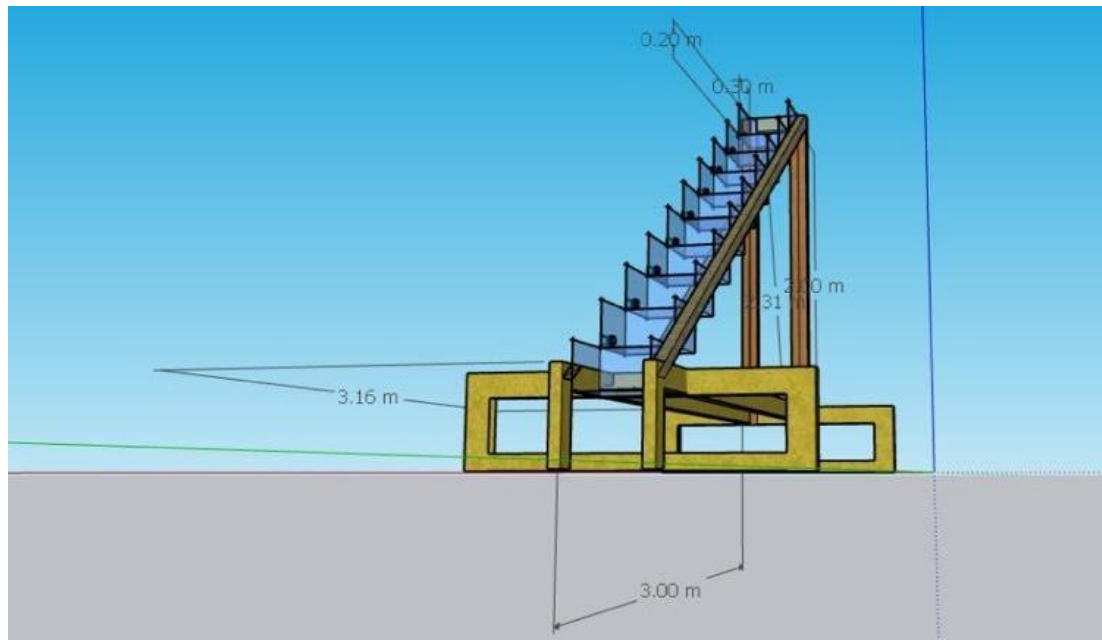
## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu detensi terhadap efisiensi penurunan kadar besi dan mangan dalam air dengan *cascade aerator*. Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah kayu, kaca, penggaris siku, sekrup, wadah, selang  $\frac{3}{4}$  inci 5 meter, gergaji kayu, gergaji pipa, triplek, botol sampel 1,5 L, gelas kimia 500 mL, pompa *submersible*, DO meter, jerigen 30 L, palu, meteran, dan penggaris. Adapun bahan yang dibutuhkan ialah air sumur 80 L, lem pipa, lem silikon, amplas, dan paku.

Penelitian diawali dengan pembuatan alat *cascade aerator*. Pembuatan alat diawali dengan membuat pondasi dengan bahan kayu, kemudian membuat *cascade* dengan bahan kaca tebal 0,2 mm. *Cascade* dirancang setinggi 2 m sebanyak 10 *step* dengan tinggi tiap *step* sebesar 20 cm. *Cascade* ini menggunakan pompa *submersible* sebagai pendorong air ke bak pelimpah yang diletakkan di bawah *cascade*. Untuk tampak desain dari *cascade aerator* tersebut dapat diamati pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Tampak Samping *Cascade Aerator*



**Gambar 2.** Tampak Depan *Cascade Aerator*

Setelah unit siap digunakan, maka proses aerasi dengan *cascade aerator* dapat dimulai. Air sampel diambil dari salah satu sumur di Jalan Perjuangan 1, Kelurahan Sempaja Selatan, Kecamatan Samarinda Utara dengan menggunakan jerigen 30 L. Air sumur kemudian dihomogenkan pada wadah bak plastik sebanyak 80 L, lalu dilakukan pengukuran kandungan DO awal sebelum sampel melewati *cascade aerator* menggunakan DO meter. Air sampel dipompa menggunakan pompa *submersible* dari bak penampung ke *step* pertama pada *cascade aerator* secara kontinyu. Debit alir ialah 0,027 m<sup>3</sup>/s dan pengaliran dilakukan selama 30, 60, dan 90 menit. Setelah itu, dilakukan pengambilan air sampel pada tiap waktu detensi untuk diukur konsentrasi besi (Fe), mangan (Mn), dan DO pada masing-masing sampel. Parameter Fe dan Mn diuji di PT GEL. Efisiensi pengolahan akan dihitung dengan rumus berikut:

$$\% \text{ efisiensi} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \quad (1)$$

di mana A merupakan konsentrasi awal dan B ialah konsentrasi akhir dengan satuan mg/L.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Hasil Uji Parameter

Pengujian parameter besi, mangan, dan DO dilakukan sebelum dan setelah air sampel melewati *cascade aerator* untuk mengetahui perubahannya. Hasil uji tersebut disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Uji Laboratorium

No	Parameter	BMLH (mg/L)	Hasil Uji Laboratorium				Metode Uji
			1	2	3	4	
1	Fe (mg/L)	1	2,3	1,7	2,4	0,4	SNI 6989.84-2019
2	Mn (mg/L)	0,5	0,4	0,09	0,07	< 0,02	
3	DO (mg/L)	-	1,19	1,2	1,3	1,59	DO Meter



Ket :

Sampel 1 : Awal

Sampel 2 : *Output* 30 menit

Sampel 3 : *Output* 60 menit

Sampel 4 : *Output* 90 menit

BMLH berdasarkan PERMENKES 32 Tahun 2017

Pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa kadar besi mengalami penurunan sebesar 0,6 mg/L pada waktu detensi 30 menit. Pada waktu detensi 60 menit, kadar besi mengalami kenaikan cukup signifikan yaitu sebesar 0,7 mg/L. Kenaikan tersebut tidak sesuai dengan *trend* data dimana kadar besi cenderung turun seiring kenaikan waktu detensi. Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh *human error* pada proses uji laboratorium. Pada waktu detensi 90 menit, kadar besi kembali turun sangat signifikan yaitu sebesar 2 mg/L sehingga kadar akhir besi dalam air sampel sebesar 0,4 mg/L. Kadar mangan dalam air mengalami penurunan stabil seiring dengan kenaikan waktu detensi hingga kadar mangan akhir air sampel sebesar < 0,02 mg/L. DO air juga mengalami peningkatan stabil seiring kenaikan waktu detensi hingga nilai DO pada akhir pengolahan sebesar 1,59 mg/L.

Kadar besi dan mangan dapat turun dikarenakan adanya proses aerasi yang terjadi dimana air dikontakkan dengan udara hingga kadar oksigen di dalam air akan meningkat. Reaksi Fe dan Mn dengan oksigen dapat diamati masing-masing pada Persamaan 2 dan 3 berikut.



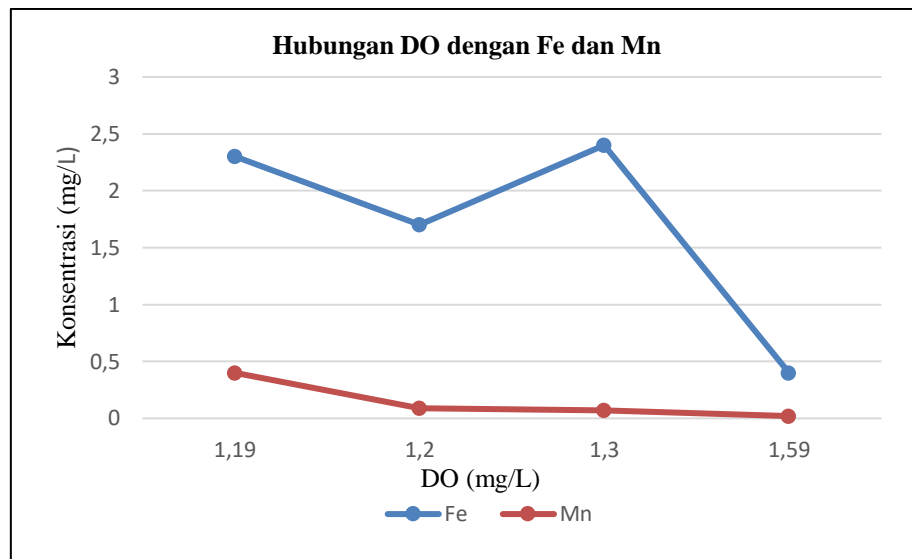
Ketika air yang mengandung Fe dan Mn terlarut mengalami kontak dengan oksigen dalam udara, terjadi reaksi seperti yang dijelaskan di atas. Fe terlarut akan terikat dengan  $\text{O}_2$  membentuk  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  membentuk padatan yang dapat terendapkan. Hal tersebut terjadi pula pada Mn dimana Mn terlarut akan terikat dengan  $\text{O}_2$  membentuk  $\text{MnO}_2$  dalam wujud padatan terendapkan. Padatan tersebut dapat disisihkan dalam pengolahan lanjutan berupa filtrasi atau sedimentasi.

Pada penelitian ini, faktor yang mempengaruhi konsentrasi akhir Fe dan Mn ialah waktu detensi yang divariasikan menjadi 30, 60, dan 90 menit. Berdasarkan hasil uji laboratorium, konsentrasi Fe maupun Mn berbanding terbalik dengan waktu detensi, dimana semakin besar waktu detensi semakin kecil konsentrasi Fe dan Mn. Hal tersebut disebabkan oleh semakin banyaknya air yang mengalami kontak dengan oksigen dalam udara. Semakin banyak kontak dengan oksigen, semakin banyak pula Fe dan Mn yang terikat dan membentuk padatan yang dapat diendapkan sehingga konsentrasi kedua unsur tersebut dalam kondisi terlarut menurun.

### Hubungan DO dengan Kadar Besi dan Mangan

DO adalah nilai yang menyatakan kandungan oksigen terlarut dalam air. Nilai DO dalam proses aerasi dapat menjadi gambaran keberhasilan transfer oksigen ke dalam air. Keterkaitan antara parameter DO terhadap konsentrasi Fe dan Mn dapat diamati pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3. dapat dilihat bahwa nilai DO berbanding terbalik dengan kadar besi dan mangan. Hal tersebut dikarenakan semakin banyak oksigen terlarut dalam air, semakin banyak pula besi dan mangan terlarut yang teroksidasi menjadi endapan, sehingga kadar besi dan mangan terlarut menurun.



**Gambar 3.** Grafik Hubungan DO dengan Kadar Besi dan Mangan

#### Efisiensi Pengolahan

Perhitungan efisiensi pengolahan dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari suatu proses atau alat, dalam hal ini ialah *cascade aerator*, untuk menurunkan sejumlah parameter yang melampaui baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah. Hasil perhitungan efisiensi pengolahan disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Efisiensi Pengolahan

No	Parameter	Efisiensi Pengolahan (%)
1	Fe	82,6
2	Mn	95,5
3	DO	25,25

Berdasarkan Tabel 2, melalui hasil uji kadar besi, mangan, dan DO sebelum dan setelah pengolahan, maka dapat dihitung efisiensi pengolahan air sumur dengan menggunakan *cascade aerator* pada penelitian ini. Adapun efisiensi *cascade aerator* dalam menurunkan kadar besi dan mangan ialah sebesar 82,6 % dan 95,5%. Persentase tersebut terbilang tinggi, sehingga unit *cascade aerator* ini dinyatakan layak untuk menurunkan kadar besi dan mangan dalam air sumur. Akan tetapi, pengolahan perlu dilengkapi dengan unit penyisihan endapan seperti filtrasi atau sedimentasi untuk menyisihkan endapan besi dan mangan yang terbentuk dari proses aerasi. Selain itu, didapatkan pula efisiensi peningkatan DO sebesar 25,25%.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, didapatkan kesimpulan:

- Efisiensi penurunan besi dan mangan dengan unit *cascade aerator* ialah sebesar 82,6% dan 95,5%. Berdasarkan efisiensi tersebut, *cascade aerator* yang telah dirancang mampu menurunkan kadar besi dan mangan pada air sumur di Jalan Perjuangan 1, Kelurahan Sempaja Selatan, Kecamatan Samarinda Utara.
- Nilai DO mempengaruhi kadar besi dan mangan, dimana semakin tinggi nilai DO semakin tinggi efisiensi penurunan besi dan mangan. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi kandungan oksigen, semakin maksimal reaksi oksidasi yang merubah kandungan besi dan mangan terlarut menjadi padatan terendapkan.



- c. Konsentrasi akhir besi dan mangan pada air sampel setelah melalui *cascade aerator* dalam waktu yaitu 0,4 mg/L dan >0,02 mg/L. Nilai tersebut telah memenuhi standar baku mutu air untuk keperluan higiene sanitasi dalam PERMENKES No.32 tahun 2017.

### Referensi

- [1] E. Hartini, "Cascade Aerator dan Bubble Aerator Dalam Menurunkan Kadar Mangan Air Sumur Gali," *Jurnal KEMAS*, vol. 8, no. 1, 2012. [Online]. Tersedia: <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/kemas/article/view/2258/2695>
- [2] D. A. A. Putri dan M. Mirwan, "Penurunan Fe dan Mn pada Air Sumur Menggunakan *Multiple Tray Aerator* Piramida," *Jurnal Envirous*, vol. 1, no. 1, 2020. [Online]. Tersedia: <http://envirous.upnjatim.ac.id/index.php/envirous/article/view/13/6>
- [3] S. D. Nuryana dkk., "Penyaringan Unsur-unsur Logam (Fe, Mn) Air Tanah Dangkal diKelurahan Jembatan Lima, Tambora Jakarta Barat," *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, vol. 1, no. 3, 2019. [Online]. Tersedia: <https://www.e-journal.trisakti.ac.id/index.php/jamin/article/view/6044/4737>
- [4] P. Bilinski, L. Kapka-Skrzypczak, M. Posobkiewicz, M. Bondaryk, P. Hołownia, dan A. Wojtyła, "A Public Hazards in Poland posed foodstuffs contaminated with E.coli O104:H4 Bacterium From The Resent European Outbreak," *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, vol.19, no.1, 2012. [Online]. Tersedia: <https://www.aaem.pl/pdf-71733-8959?filename=Public%20health%20hazards%20in.pdf>
- [5] Y. Kristianingsih, Masdianto, dan A. Mardikawati, "Penetapan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Tanah Pemukiman Di Sekitar Setu Pedongkelan Depok," *Anakes: Jurnal Ilmiah Analisis Kesehatan*, vol. 7, no. 2, 2021. [Online]. Tersedia: <http://journal.thamrin.ac.id/index.php/anakes/article/view/686/606>
- [6] N. F. Arifiani, "Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air PDAM Ibu Kota Kecamatan Prambanan Kabupaten Klaten," *Jurnal Presipitasi*, vol. 3, no.1, 2007. [Online]. Tersedia: <https://core.ac.uk/download/11702209.pdf>
- [7] L. D. Benefield, *Biological Process Design For Wastewater Treatment (Prentice-Hall Series in Environmental Sciences)*. Englewood Cliffs, UK: Prentice Hall, 1980.
- [8] Kementerian Kesehatan RI, *Peraturan Menteri Kesehatan RI Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum*, 32. [Online]. Tersedia: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/112092/permenkes-no-32-tahun-2017>