

STUDI KUALITAS FISIK DAN BAKTERIOLOGIS AIR PDAM UNIT TOMBATU KABUPATEN MINAHASA TENGGARA

Ezra Tumiwa*, Woodford B. S. Joseph*, Rahayu H. Akili*

*Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulagi Manado

ABSTRAK

Air sangat vital bagi kehidupan manusia dimuka bumi ini. PDAM Unit Tombatu Kabupaten Minahasa Tenggara merupakan perusahaan daerah yang bertanggung jawab memberikan pelayanan terhadap pemenuhan kebutuhan air bersih di masyarakat. Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting dan dibutuhkan setiap mahluk hidup. Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui kualitas fisik dan bakteriologis air bersih di PDAM unit Tombatu. Penelitian ini merupakan penelitian survei deskriptif berbasis laboratorium, berlokasi di desa-desa yang menjadi sumber dan dialiri air oleh PDAM Unit Tombatu, pada bulan Maret-Juli 2020. Populasi penelitian yaitu air PDAM Unit Tombatu. Sampel air diambil dari sumber air dan 3 desa dialiri air oleh PDAM Unit Tombatu. Sampel air dari masing-masing desa diambil pada titik terdekat, tengah, terjauh. Jumlah keseluruhan yaitu 10 sampel air. Variabel yang diteliti yaitu kualitas fisik berdasarkan parameter bau dan kekeruhan, serta kualitas bakteriologis berdasarkan parameter total coliform dan *Escherichia coli*. Standar baku mutu variabel penelitian mengacu pada Permenkes No. 32 Tahun 2017 untuk ditentukan apakah memenuhi syarat kesehatan atau tidak. Uji kualitas fisik dan bakteriologis dilakukan di laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pemberantasan Penyakit Menular (BTKL & P2M) Kelas I Manado. Data hasil penelitian dianalisis secara deskriptif berdasarkan distribusi frekuensi dan persentase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh (100%) sampel air tidak berbau. Seluruh (100%) sampel air memiliki tingkat kekeruhan dibawah 25 NTU. Dua sampel (20%) memiliki angka kuman (total coliform) ≤ 50 CFU / 100 ml dan 8 sampel (80%) > 50 CFU / 100 ml. Dua sampel (20%) tidak mengandung *Escherichia coli* dan 8 sampel (80%) mengandung *Escherichia coli* > 0 CFU / 100 ml. Kesimpulan penelitian ini yaitu kualitas fisik air PDAM Unit Tombatu memenuhi syarat kesehatan ditinjau dari aspek parameter bau dan kekeruhan. Terdapat kontaminasi bakteri coliform dan *Escherichia coli* di beberapa tempat pada sistem air perpipaan PDAM Unit Tombatu sehingga air menjadi tidak memenuhi syarat kesehatan.

Kata Kunci : kualitas fisik, kualitas bakteriologis, air, Perusahaan Daerah Air Minum

ABSTRACT

Water is vital for human life on this earth. PDAM Tombatu Unit of Southeast Minahasa Regency is a regional company that is responsible for providing services to meet the needs of clean water in the community. Water is a very important natural resource that is needed by every living thing. The purpose of this study was to determine the physical and bacteriological quality of clean water in the PDAM unit in Tombatu. This research is a laboratory-based descriptive survey research, located in villages that are the source and flow of water by the Tombatu Unit PDAM, in March-July 2020. The research population is the PDAM Tombatu Unit water. Water samples were taken from water sources and 3 villages were drained by PDAM Tombatu Unit. Water samples from each village were taken at the closest, middle, farthest point. The total amount is 10 water samples. The variables studied were physical quality based on odor and turbidity parameters, and bacteriological quality based on total coliform and *Escherichia coli* parameters. The standard quality standard of the research variable refers to Permenkes No. 32 of 2017 to determine whether it meets health requirements or not. Physical and bacteriological quality tests were conducted at the Laboratory of the Center for Environmental Health and Eradication of Communicable Diseases (BTKL & P2M, Class I Manado). Data were analyzed descriptively based on frequency and percentage distribution. The results showed that all (100%) samples of water did not smell. All (100%) water samples had turbidity levels below 25 NTU. Two samples (20%) had a bacterial rate (total coliform) < 50 CFU / 100 ml and 8 samples (80%) > 50 CFU / 100 ml. (20%) did not contain *Escherichia coli* and 8 samples (80%) contained *Escherichia coli* > 0 CFU / 100 ml. The conclusion of this study was that the physical quality of the PDAM Tombatu Unit meets health requirements in terms of odor and turbidity parameters. and *Escherichia coli* in several places in the Tombatu Unit PDAM water system so that the water does not meet health requirements.

Keywords : physical quality, bacteriological quality, water, Regional Drinking Water Company

PENDAHULUAN

Air sangat vital bagi kehidupan manusia dimuka bumi ini. Air manusia hanya dapat bertahan hidup paling lama 3 hari dalam tubuh manusia terdapat sekitar 50- 80 cairan (Soputan, dkk, 2019).

Seiring dengan perkembangan penduduk, dan kebutuhan akan air dilihat dari sisi jumlah dan mutu yang mempengaruhi banyak faktor antara lain, budaya, ekonomi, pendidikan, kesadaran lingkungan, ketersediaan air, dan musim/cuaca. Kebutuhan air bersih penduduk Indonesia belum diketahui secara pasti perkapita rata-rata, perkiraan kebutuhan air bersih sering menggunakan angka sekitar 125-150 liter/orang/hari (Anonim, 2018).

Berdasarkan Permenkes No. 32 Tahun 2017. Air PDAM tersebut harus memenuhi persyaratan kualitas yang telah ditentukan oleh pemerintah seperti syarat fisik: air tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Syarat mikrobiologi: bebas dari parasite pathogen, syarat kimiawi: air tidak mengandung bahan kimia dalam kadar yang menimbulkan gangguan kesehatan, dan syarat radioaktif: air bebas dari pencemaran radioaktif. Syarat ini diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017.

Hasil penelitian Brenda (2017), mengenai gambaran Total coliform pada air bersih PDAM minahasa unit kawangkoan menunjukkan bahwa 13 air PDAM tersebut

tidak memenuhi syarat total coliform menurut Permenkes No. 416 Tahun 1990 yaitu melebihi 0/100 liter air.

Tombatu merupakan satu kecamatan di Kabupaten Minahasa Tenggara. Sumber air beserta Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Unit Tombatu Kabupaten Minahasa Tenggara yang terletak di Desa Tombatu Satu, terdapat 5 desa yang dialiri air bersih PDAM dengan jumlah pelanggan sambungan aktif yang terlayani dari keseluruhan desa berjumlah 396 pelanggan/ sambungan. Jumlah kapasitas air yang dihasilkan dari (PDAM) unit Tombatu tersebut adalah 20 liter/detik kapasitas diproduksi.

Melalui observasi awal yang dilakukan, sungai yang menjadi sumber air dijadikan tempat pembuangan limbah kotoran hewan, sampah dibuang langsung oleh masyarakat disekitar daerah sungai (DAS), Penyakit diare masih merupakan masalah kesehatan masyarakat yang ada di Indonesia. Dari data yang didapat dari Profil Puskesmas Tombatu, jumlah kasus diare akut pada tahun 2019 sampai dengan bulan Januari, Februari, dan Maret tahun 2020 terdapat sebanyak 104 kasus. Faktor-faktor yang berkaitan dengan kejadian diare yaitu tidak memadainya penyediaan air bersih dengan sumber air yang diperoleh, pengolahan yang tidak tepat serta, jaringan perpipaan yang bocor.

Berdasarkan latar belakang diatas dianggap perlu untuk dilakukan penelitian tentang kualitas fisik yaitu kekeruhan, dan

bau, serta bakteriologis yaitu *total coliform*, dan *Escherichia Coli* pada air bersih perpipaan yang dikelola oleh (PDAM) unit Tombatu Minahasa Tenggara

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian survei deskriptif berbasis laboratorium, berlokasi di desa-desa yang menjadi sumber dan dialiri air oleh PDAM Unit Tombatu, pada bulan Maret-Juli 2020. Populasi penelitian yaitu air PDAM Unit Tombatu. Sampel air diambil dari sumber air dan 3 desa dialiri air oleh PDAM Unit Tombatu. Sampel air dari masing-masing desa diambil pada titik terdekat, tengah, terjauh. Jumlah keseluruhan yaitu 10 sampel air. Variabel yang diteliti yaitu kualitas fisik berdasarkan parameter bau dan kekeruhan, serta kualitas bakteriologis berdasarkan parameter total coliform dan *Escherichia coli*.

Standar baku mutu variabel penelitian mengacu pada Permenkes No. 32 Tahun 2017 untuk ditentukan apakah memenuhi syarat kesehatan atau tidak. Uji kualitas fisik dan bakteriologis dilakukan di laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pemberantasan Penyakit Menular (BTKL & P2M). Kelas I Manado. Data hasil penelitian dianalisis secara deskriptif berdasarkan distribusi frekuensi dan persentase.

1. Kualitas air bersih secara fisik dapat dilihat dari:

- a. Sesuai PERMENKES RI No.32 Tahun 2017 dengan persyaratan kualitas air bersih yaitu tidak berbau, dengan metode pengujian manual/indra.
 - b. Tidak berwarna/kekeruhan sesuai PERMENKES RI No.32 Tahun 2017 dengan persyaratan yaitu: kekeruhan kadar maksimum 25 NTU (nepnelometrik turbidity units), dengan metode pengujian berdasarkan SNI 06-6989.25-2005
2. Kualitas air bersih secara bakteriologis dapat dilihat dari kualitas yang diperiksa melalui pemeriksaan laboratorium Total Coliform dan *Escherichia Coli* sesuai persyaratan PERMENKES RI No.32 Tahun 2017 Total Coliform dan *Escherichia Coli* melalui syarat
- a. Total Coliform
 - Memenuhi syarat bila <50 CFU/100 ml.
 - Tidak memenuhi syarat bila > 50 CFU/100 ml.
 - b. *Escherichia Coli*
 - Memenuhi syarat bila <0 CFU / 100 ml.
 - Tidak memenuhi syarat bila >0 CFU / 100 ml.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan sampel air dilakukan pada tanggal 11 Maret 2020 dan pengambilan pukul 08.00-13.00 Wita dan kemudian

sampel dibawa ke Laboratorium Teknik & P2M).
Kesehatan Lingkungan dan Pemberantasan
Penyakit Menular Kelas I Manado (BTKL

1. Kualitas Fisik Air Bersih PDAM

Tabel 1. Distribusi pemeriksaan parameter Fisik air bersih PDAM.

Lokasi	Parameter	
	Bau	Kekeruhan
Sumber Air Baku	Tidak Berbau	3 NTU
Tombatu Satu jarak dekat	Tidak Berbau	2 NTU
Tombatu Satu jarak tengah	Tidak Berbau	6 NTU
Tombatu Satu jarak terjauh	Tidak Berbau	4 NTU
Betelen jarak dekat	Tidak Berbau	1 NTU
Betelen jarak tengah	Tidak Berbau	2 NTU
Betelen jarak terjauh	Tidak Berbau	1 NTU
Tombatu Tiga jarak dekat	Tidak Berbau	1 NTU
Tombatu Tiga jarak tengah	Tidak Berbau	6 NTU
Tombatu Tiga jarak terjauh	Tidak Berbau	5 NTU

Cat: NTU (Nepnelometrik Turbidity Units)

Berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium dengan parameter bau dapat dilihat pada Tabel 1. dengan metode pengujian manual/ indra maka dapat diketahui bahwa 10 sampel (100%) kualitas air bersih PDAM memenuhi syarat (MS) yaitu tidak berbau dan untuk kualitas air yang tidak memenuhi syarat (TMS) tidak ada. Tabel 1. sebanyak 10 sampel (100%) kualitas air memenuhi syarat. Sehingga dari keseluruhan hasil pemeriksaan 10 sampel air bersih PDAM 100% berdasarkan parameter fisik dari bau sudah memenuhi syarat kesehatan, dan pada parameter fisik dari kekeruhan 10

sampel berada dibawah kadar maksimum 25 NTU (*Neplenometrik Turbidity Units*).

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mamahami, A. (2012) Tentang Studi Kualitas Fisik Dan Bakteriologis Air PDAM Unit Maumbi Minahasa Utara 2012. Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil pemeriksaan laboratorium dengan parameter bau daan kekeruhan diketahui 10 sampel (100%) kualitas air bersih memenuhi syarat (MS), dan untuk kualitas air bersih tidak memenuhi syarat (TMS) tidak ada.

2. Kualitas Bakteriologis Air Bersih PDAM

Tabel 2. Distribusi pemeriksaan bakteriologis air bersih PDAM (*Total coliform*)

lokasi	Total <i>coliform</i>	Hasil analisis
Sumber Air Baku	>1.600	TMS
Tombatu Satu jarak dekat	240	TMS
Tombatu Satu jarak tengah	350	TMS
Tombatu Satu jarak terjauh	>1.600	TMS
Betelen jarak dekat	350	MS
Betelen jarak tengah	49	TMS
Betelen jarak terjauh	350	TMS
Tombatu Tiga jarak dekat	350	TMS
Tombatu Tiga jarak tengah	>1.600	MS
Tombatu Tiga jarak terjauh	49	

Cat : MS : Memenuhi Syarat TMS: Tidak Memenuhi Syarat

Berdasarkan hasil laboratorium menunjukkan bahwa kualitas air bersih PDAM yang paling tinggi jumlah *total coliform* pada sampel 1, sampel 4, dan sampel 9. Pada 2 sampel (20%) kualitas air bersih PDAM dengan angka kuman (*total coliform*) <50 per 100 ml yang memenuhi syarat (MS) dan 8 sampel (90%) kualitas air bersih PDAM dengan angka *Total Coliform* >50 % per 100 ml yang tidak memenuhi syarat (TMS)

Hasil pemeriksaan kualitas air pada air bersih PDAM pada sumber air di Desa masyarakat Kecamatan Tombatu dari 10 sampel yang diperiksa terdapat 8 sampel air bersih (80%) yang tidak memenuhi syarat, Pada 10 sampel di desa-desa yang

di ambil sampel pada desa yang terdekat, tengah dan terjauh ini dapat mengandung bakteri Coliform disebabkan oleh jaringan pipa yang mengalami kebocoran, apalagi pipa tersebut sudah lama tidak diganti

Hasil penelitian sebanding dengan penelitian yang dilakukan oleh Angel Mamahami (2012) terhadap kualitas air PDAM Unit Maumbi Kabupaten Minahasa Utara menunjukkan bahwa kualitas bakteriologis yaitu *total coliform* 90% pada air yang diteliti tidak memenuhi syarat yang telah ditetapkan oleh PERMENKES RI No.416/MENKES/PER/1990 tentang persyaratan kualitas air bersih.

Melihat hasil penelitian dari hasil laboratorium menunjukkan bahwa kualitas

air bersih PDAM Unit Langowan dari 10 sampel yang diambil menunjukkan bahwa sebanyak 10 (100%) sampel air bersih PDAM tidak memenuhi syarat (TMS) yaitu angka kuman total coliform > 10 per 100, sedangkan untuk kualitas air yang memenuhi syarat (MS) yaitu angka kuman total coliform < 10 per 100 ml air tidak ada, 5 sesuai dengan persyaratan kualitas air bersih Permenkes No.416/MENKES/PER/IX/1999

Salah satu faktor terjadinya kebocoran ini pengawasan Total Coliform pada penelitian ini menunjukkan bahwa dimana tidak adanya pengawasan oleh

bagian teknisi perencanaan oleh PDAM tidak dilaksanakan sehingga pemantauan terjadinya kebocoran tidak diketahui oleh pihak teknisi yang seharusnya dilakukan sesuai standar yang ditetapkan yaitu dua kali setahun. Hal ini sesuai dengan Keputusan RI tentang pelaksanaan pengawasan internal kualitas air oleh pengelola air minum, pengawasan yang sesuai dengan standar yang ditentukan pada Total Coliform dan *Escherichia Coli* dapat memberikan peningkatan pada kualitas air minum.

Tabel 3. Distribusi pemeriksaan bakteriologis air bersih PDAM (*Escherichia coli*)

Lokasi	<i>Escherichia coli</i>	Hasil analisis
Sumber Air Baku	33	TMS
Tombatu Satu jarak dekat	23	TMS
Tombatu Satu jarak tengah	23	TMS
Tombatu Satu jarak terjauh	49	TMS
Betelen jarak dekat	23	TMS
Betelen jarak tengah	0	MS
Betelen jarak terjauh	49	TMS
Tombatu Tiga jarak dekat	13	TMS
Tombatu Tiga jarak tengah	79	TMS
Tombatu Tiga jarak terjauh	0	MS

Cat : MS : Memenuhi Syarat TMS: Tidak Memenuhi Syarat

Berdasarkan hasil laboratorium menunjukkan bahwa kualitas air bersih PDAM yang paling tinggi jumlah *Escherichia coli* terdapat pada sampel 9. Pada 2 sampel (20%) kualitas air bersih

PDAM dengan angka kuman (*Escherichia coli*) <0 per 100 ml yang memenuhi syarat (MS) dan 8 sampel (90%) kualitas air bersih PDAM dengan angka *Escherichia coli* >0 % per 100 ml yang tidak

memenuhi syarat (TMS).

Hasil dari sampel air bersih PDAM unit Tombatu tidak memenuhi syarat Permenkes karena air bersih telah terkontaminasi dengan sumber pencemar yaitu Jarak jamban terhadap sumber air bersih, jarak sumber pencemar lain limbah rumah tangga berupa sampah organik bahkan juga feces dari hewan ternak. kemunculan bakteri disebabkan oleh masuknya tinja, kotoran hewan, sampah, air kencing, dahak, ekskresi luka, dan sebagainya kedalam badan air atau adakalanya pencemar yang masuk ke dalam air tidak disengaja, seperti masuknya kembali air buangan kedalam pipa-pipa air yang bocor. Kebocoran pada seluruh sistim pipa dan jika suplai air mati, tekanan akan menurun dan air yang terkontaminasi akan memasuki pipa melalui celah di dinding pipa. Dari hasil data checklist diatas menunjukkan bahwa sumber air bersih yang di distribusikan ke masyarakat 80% tidak memenuhi syarat, sehingga mempengaruhi kualitas bakteriologis.

Seperti halnya Penelitian yang dilakukan oleh Brenda, A. 2017, menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang erat di antara aktivitas manusia dengan kehadiran dan kandungan bakteri pencemar. Aktivitas masyarakat yang tinggal di sepanjang pipa distribusi air bersih PDAM unit Tombatu yaitu mencuci, mandi, membuang sampah organik dibelakang rumah sehingga secara tidak

langsung air bekas cucian, air mandi, cairan dari sampah organik meresap kedalam tanah dan merembes masuk ke dalam pipa-pipa yang bocor. Adapula sebagian masyarakat yang bermukim yang memelihara hewan ternak berupa babi, sapi, kambing bahkan hewan peliharaan yang dengan sengaja membuang kotoran yaitu feces hewan dengan cara menyiram langsung ke lingkungan sekitar sehingga air yang mengandung bakteri dari feces hewan dapat meresap ke tanah dan merembes masuk ke dalam pipa-pipa distribusi yang bocor. Hal ini menyebabkan air bersih PDAM unit Tombatu tercemar dan kualitas air menurun.

Permasalahan yang timbul yaitu terpengaruhnya kualitas air bersih PDAM di setiap desa yang di ambil sampel bahwa adanya pencemaran bakteri E. Coli pada air perpipaan, sehingga terdapatnya bakteri Coliform pada jaringan perpipaan yang ada setiap perumahan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan hal ini jelas masih jauh berada dibawah syarat kesehatan yang ditetapkan, ini juga menyebabkan air yang akan dikonsumsi oleh masyarakat terdapat bakteri Coliform, dimana kondisi tersebut mendukung terjadinya kontaminasi pencemaran air pada pipa yang mengalami kebocoran dimana pertumbuhan bakteri Coliform dipengaruhi oleh bakteri yang telah masuk pada saat terjadinya kebocoran pipa. Bila pipa bocor, maka sangat dimungkinkan terjadinya kontaminasi air

dalam pipa dengan lingkungan di luar pipa yang akan mengakibatkan pertumbuhan bakteri Coliform yang masuk lebih banyak dibanding kondisi pipa tidak bocor, dengan kondisi lingkungan sekitar yang kotor akan pemeliharaan hewan disekitar instalasi sumber mata air memberikan dampak yang kurang baik terhadap kualitas air pada masyarakat.

Salah satu faktor terjadinya kebocoran ini pengawasan Total Coliform pada penelitian ini menunjukkan bahwa dimana tidak adanya pengawasan oleh bagian teknis perencanaan oleh PDAM tidak dilaksanakan sehingga pemantauan terjadinya kebocoran tidak diketahui oleh pihak teknis yang seharusnya dilakukan sesuai standar yang ditetapkan yaitu dua kali setahun. Hal ini sesuai dengan Keputusan RI tentang pelaksanaan pengawasan internal kualitas air oleh pengelola air minum, pengawasan yang sesuai dengan standar yang ditentukan pada Total Coliform dan Esherichia Coli dapat memberikan peningkatan pada kualitas air minum.

Sehingga dari keseluruhan hasil pemeriksaan kualitas air bersih PDAM pada uraian Berdasarkan uraian di atas, Dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No.32 Tahun 2017 mengemukakan kualitas air yang aman harus sesuai persyaratan yang diatur. Untuk hasil pemeriksaan laboratorium 80% air bersih PDAM di unit Tombatu Kecamatan Tombatu Kabupaten

Minahasa Tenggara di setiap Desa tidak memenuhi syarat kesehatan atau melebihi baku mutu, sehingga mempengaruhi kualitas air secara bakteriologis.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium pada 10 sampel air bersih PDAM pada sumber air baku dan desa terdekat, tengah, dan terjauh pada setiap desa diambil 3 sampel pada setiap rumah maka dapat disimpulkan sebahai berikut:

1. Kualitas fisik air bersih PDAM 100% memenuhi syarat untuk parameter bau dan kekeruhan.
2. Kualitas bakteriologis *Total Coliform* dan *Escherichia Coli* 80% tidak memenuhi syarat. Terdapat kontaminasi bakteri coliform dan *Escherichia coli* di beberapa tempat pada sistem air perpipaan PDAM Unit Tombatu sehingga air menjadi tidak memenuhi syarat kesehatan.

SARAN

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka data disarankan sebagai berikut:

1. Penanganan terhadap pipa yang bocor pada jaringan pipa distribusi yang mengalami kebocoran.
2. Perlu pemantauan pemeriksaan fisik dan bakteriologis secara berkala. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kualitas air bersih PDAM yang dapat melibatkan jumlah sampel yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2019. *Profil Perusahaan Daerah Air Minum Unit Tombatu Kabupaten Minahasa Tenggara*.
- Anonymous, 2018. *Kebutuhan Air Bersih (Online)*. (<https://bizonawater.id/berapa-sih-kebutuhan-air-bersih-perorang-perhari/>, diakses 12 mei 2020)
- Brenda, A. 2017. *Gambaran Total Coliform Pada Air Bersih PDAM Unit Kawangkoan 2017*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Permenkes No. 32 Tahun 2017 *Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Hygiene Santasi*.
- Mamahani, A. 2012. *Studi Kualitas Fisik Dan Bakteriologi Air PDAM Unit Maumbi Kabupaten Minahasa Utara*. (skripsi). Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Manado 2012
- Sekeon, T. 2014. *Gambaran Kualitas Bakteriologi Dan Kimia Air PDAM Unit Langoan Kabupaten Minahasa (Skripsi)*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Manado 2014
- Soputan, K. M., H. B. Boki dan R. H. Akili. 2019. *Uji Kualitas Fisik Dan Kimia Air Sumur Gali Di Desa Ratatotok Selatan Kecamatan Ratatotok Kabupaten Minahasa Tenggara Tahun 2018*. Jurnal KESMAS (4): 1-7.