EnviroScienteae Vol. 18 No. 3, November 2022 ISSN 2302-3708 (online)
Halaman 117-124

KORELASI KONDISI GEOLOGI DAN SUMBER PENCEMAR TERHADAP KUALITAS AIR SUMUR DI KECAMATAN VERA CRUZ, DILI, TIMOR LESTE

Correlation of Geological Conditions and Pollution Sources to Well Water Quality in Post Administrative of Vera Cruz, Dili, Timor Leste

Emeliano Maria Gusmão de Oliveira[1*)], Radjali Amin[1)], Sudarmadji[2)]

[1)] *Post Graduate School, Yogyakarta Institute of Technology, Yogyakarta 55231, Indonesia*
[2)] *Faculty of Geography, University of Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia 55281, Indonesia*
[*)]*e-mail :* oliveira.emiliano32@gmail.com

Abstract

The research was took place in Post Administrative of Vera Cruz, Dili City, Timor Leste. Vera Cruz is one of the 5 (five) post administrative that located in Dili City. The purpose of this study was to examine the quality of well water in the research area, considering that the government supply of clean water to Dili City could not fulfill the needs of the community. By understanding the quality of well water for the community daily consumption, the community might be more confident or able to treat the well water so that it was safe for consumption. Well water samples were taken randomly from 4 villages of Vera Cruz Post Administrative. Well water quality was analyzed in the laboratory with 6 (six) parameters, including Mn, Fe, and microbiology. In addition, the distance of the well to the source of pollutant and the local geological conditions were studied to find out their influences to the quality of the well water. Referring to several standards of drinking water quality from both Indonesia and Timor Leste, it was known that well water in Vera Cruz Post Administrative has not been yet suitable for direct consumption because it was affected by domestic polluting sources and local geological conditions. Therefore, the well water should be treated before consumption.

Keywords: ground water; metamorph Philit; well distance; bath room

PENDAHULUAN

Di sebagian Pulau Timor, tepatnya di bagian timur pulau ini terdapat negara Timor Leste, yang relatif muda usianya, dengan ibu kota Dili dan posisinya sekitar 200 km sebelah utara Australia. Mayoritas penduduk di wilayah pesisir Timor Leste bergantung pada air tanah sebagai sumber daya alam dan persediaan air untuk konsumsi sehari-hari. Saat ini, air tanah menyumbang lebih dari 60% dari total pasokan air tahunan di kota Dili (Aurecon, 2012). Pasokan air bersih ke kota Dili yang dikelola oleh pemerintah setempat oleh Takeleb, Sujono, and Jayadi (2020) dan Sarmento and Cardoso (2014) dikatakan masih belum dapat memenuhi kebutuhan seluruh penduduknya. Kekurangan pasokan air ini disebabkan karena kondisi air tanah sendiri yang kurang, dimana hal ini oleh Sarmento and Cardoso (2014) lebih lanjut disebabkan oleh 3 (tiga) hal yaitu penggundulan hutan di daerah tangkapan air tanah, kurang baiknya pengelolaan air, dan kondisi sumur domestik yang tidak terkelola dengan baik. Alasan terakhir inilah, yang kemudian menjadi salah satu pertimbangan diadakannya penelitian ini.

Timor Leste terletak di sebuah kipas aluvial kecil di sisi utara pulau Timor

(Boger et al., 2013). Ada variasi yang tinggi dari jenis akuifer yang menjadi sumber air tanah (Wallace et al., 2012). Posisi kota Dili berada di daerah aliran sungai (DAS) Comoro, dan hanya seperempat DAS Comoro yang terdiri dari formasi batuan sedimen, yang dikenal sebagai dataran aluvial Dili dan menguntungkan untuk terjadinya air tanah.

Geologi daerah Dili di dominasi oleh Formasi Aileu dan aluvial (Audley-Charles, 1968) dengan penyusun utamanya adalah batuan metamorf seperti batupasir, *schist*, *amphibolite, phylite* dan batugamping, namun karena sebagian besar Dili terbentuk oleh material-material hasil pelapukan dari batuan induk. Material yang tidak terkonsolidasi: seperti pasir, kerikil, tanah liat yang menempati Dili. Batuan dasar akan ditemukan kira-kira pada kedalaman 25-35 meter.

Selain dari kondisi geologi setempat yang mempengaruhi kualitas air tanah, maka kualitas air tanah juga dipengaruhi oleh posisi sumber pencemar terhadap air tanah. Seperti yang disarankan oleh Putri, Hartono, and Adityosulindro (2021), di dalam penelitiannya menyimpulkan adanya korelasi yang kuat antara jarak sumber pencemar dengan kualitas air tanah. Hal ini perlu diperhatikan mengingat di Kecamatan Vera Cruz pada waktu musim hujan, sering terjadi limpasan air permukaan (*run-off*) yang besar di daerah Caicoli dan sekitarnya, sehingga air tanah dangkal tersebut mudah terkontaminasi oleh faktor lingkungan sekitar seperti limbah cair domestik, pembuangan kotoran manusia, hewan dan lain sebagainya. Tidak mengherankan jika kemudian, masyarakat di Desa Caicoli, Villa-verde, Mascarinhas, dan Desa Colmera sering mengeluhkan bahwa air tanah dangkal yang mereka gunakan agak keruh, berasa tidak enak, dan meninggalkan endapan di tempat-tempat penampungannya (Ximenes, Duffy, Faria, & Neely, 2018). Hal – hal inilah yang melatarbelakangi penelitian ini, hingga nantinya para pengguna air tanah di daerah ini dapat berkoperasi dengan kondisi setempat dan meningkatkan tingkat kesehatan masyarakat setempat dan kondisi lingkungan awal mereka.

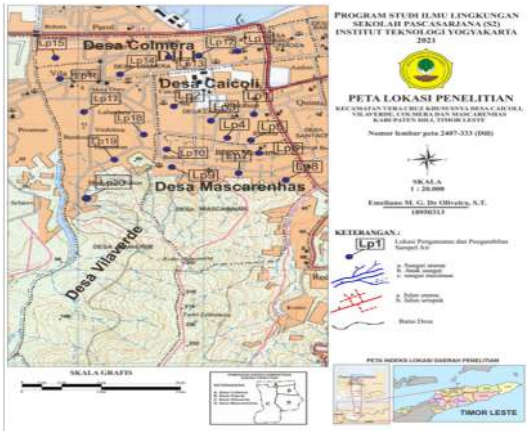
METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di Desa Caicoli, Desa Mascarenhas, Desa Colmera dan Desa Villa-verde yang terdapat di kecamatan Vera Cruz, Kabupaten/kota Dili. Pada tahun 2015, jumlah populasi di kecamatan ini sebesar 36.574 jiwa *(National Directorate for Statistic, 2015)* dan diperkirakan sekarang berjumlah sekitar 40 an ribu, terdiri dari 29 desa. Masyarakat di Kecamatan Vera Cruz memanfaatkan air sumur untuk memenuhi keperluan sehari-hari. Yang membedakan satu dengan lainnya adalah cara pemanfaatannya yang sebagian menggunakan mesin pompa dan sebagian lain masih secara manual.

Sampel Air dan Posisi Sumur

Sebanyak 20 sumur masyarakat dari 4 (empat) desa, yaitu Desa Caicoli, Desa Mascarenhas, Desa Colmera dan Desa Villa-verde, dijadikan sampel penelitian yang lokasinya dipilih secara random di dalam masing-masing desa itu. Masing-masing desa diambil 5 (lima) sumur sampel (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel
Sumber: (Penulis, 2020)

Sampel air diambil secara langsung dari sumur penduduk pada bulan Oktober 2020 yaitu pada musim kemarau. Air sampel dimasukkan ke dalam wadah yang sudah steril, sebanyak kebutuhan analisis, dan disimpan di dalam kondisi dingin sebelum dilakukan analisis di laboratorium.

Selain sampel air yang diambil, jarak sumur terhadap sumber pencemar, yaitu kamar mandi dan kakus juga diukur jaraknya dengan menggunakan meteran gulung.

Parameter Sampel Air

Parameter yang diuji adalah pH, EC, Fe, Mn, *E. coli* dan *Total Coliform*. Analisis kimia sampel air dilaksanakan oleh *Laboratório Nacional da Saúde.* Dili. Untuk parameter kimia sampel air dianalisis dengan menggunakan alat Spektrofotometer Hach DR/2010. Evaluasi kimia air ini menggunakan 3 (tiga) standar kualitas air (baku) minum yaitu Permen Kes nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, Lampiran VI PP nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelanggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan *Decree Law* Pemerintah Timor Leste nomor 05 tahun 2009 tentang Kualitas Air Minum. Ketiga standar ini terdiri dari lebih dari 15 parameter tapi di dalam penelitian ini, hanya 6 (enam) parameter saja yang dipakai, sesuai dengan rencana penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Air Sumur

Dari keenam parameter yang dianalisis dan yang berasal dari 20 sumur sampel, setelah dihitung nilai rata-ratanya disajikan di dalam

Tabel **1**.

Tabel 1. Hasil Analisis Kualitas Air Sampel dari 20 Sumur yang Diambil dari 4 (empat) Desa di Kecamatan Vera Cruz

Desa	Nilai	pH	EC	Fe	Mn	*E. coli*	T. Coliform
			(µS/detik)	(mg/L)	mg/L	(MPN/100 mL)	(MPN/100 mL)
Caicoli	Rerata	7,0	69,2	0,2	0,1	82,0	81,6
	SD	0,13	12,12	0,08	0,17	177,82	178,02
Mascarenhas	Rerata	7,0	59,0	0,1	0,5	0,6	0,8
	SD	0,11	15,82	0,09	0,15	1,34	1,79
Villa-verde	Rerata	7,0	52,2	0,1	0,5	1,6	1,0
	SD	0,10	10,86	0,06	0,36	3,58	2,24
Colmera	Rerata	7,1	65,3	0,1	0,3	4,0	5,0
	SD	0,09	19,93	0,08	0,13	5,66	7,87

Sumber: (Penulis, 2020)

Secara umum, dari keenam parameter yang diukur dan dianalisis dari air sumur sampel diketahui bahwa kondisi air sumur di Desa Caicoli mempunyai kondisi air yang paling buruk dibandingkan dengan air dari desa-desa lainnya. Namun dari keempat desa itu mempunyai kemiripan di kandungan Fe dan pH.

Kesesuaian Terhadap Standar Air (Baku) Minum

Tiga standar air minum yang digunakan adalah 2 (dua) dari Indonesia yaitu Permen Kes nomor 492 tahun 2010 dan Lampiran VI PP nomor 22 tahun 2021, dan 1 (satu) dari Pemerintah Timor Leste yaitu *Decree Law* nomor 05 tahun 2009. Secara umum Permen Kes nomor 492 tahun 2010 kurang lebih sama dengan *Decree Law* nomor 05 tahun 2009 karena kedua standar ini mengatur kualitas air minum. Perbedaannya terdapat di parameter Mn dan EC antara Permen Kes nomor 492 tahun 2010 dan *Decree Law* nomor 05 tahun 2009, yaitu 0,3 mg/L dan 0,5 mg/L untuk Mn, sementara untuk EC Permen Kes nomor 492 tahun 2010 tidak

menyaratkannya. Sedangkan Lampiran VI PP nomor 22 tahun 2021 merupakan standar air baku untuk minum, beberapa parameternya berbeda dengan standar air minum seperti pH, Mn, *E. coli*, dan T. Coliform.

Dari nilai rata-rata di dalam Tabel **1**1, perbandingan terhadap ketiga standar air (baku) minum disajikan di dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kualitas Air Sumur Terdapat Beberapa Standar Kualitas Air (Baku) Minum

Parameter	Caicoli	Mascarenhas	Villa-verde	Colmera	Permen Kes 492/2010	Lampiran VI PP 22/2021	*Decree Law* TL 05/2009
pH	7,0 (δ ± 0,13)	7,0 (δ ± 0,11)	7,0 (δ ± 0,10)	7,1 (δ ± 0,09)	6,5-8,5	6-9	6,5-8,5
EC (µS/cm)	69,2 (δ ± 12,11)	59,0 (δ ± 15,82)	52,2 (δ ± 10,86)	65,3 (δ ± 19,93)	NA	NA	100-1000
Fe (mg/L)	0,2 (δ ± 0,08)	0,1 (δ ± 0,09)	0,1 (δ ± 0,06)	0,1 (δ ± 0,08)	0,3	0,3	0,3
Mn (mg/L)	0,1 (δ ± 0,17)	0,5 (δ ± 0,14)	0,5 (δ ± 0,36)	0,3 (δ ± 0,13)	0,4	0,1	0,5
E. coli (MPN/100 mL)	82 (δ ± 177,82)	0,6 (δ ± 1,34)	1,6 (δ ± 3,58)	4 (δ ± 5,66)	0	100	0
T. Coliform (MPN/100 mL)	81,6 (δ ± 178,09)	0,8 (δ ± 1,79)	1 (δ ± 2,24)	5 (δ ± 7,87)	0	1000	0

Keterangan: NA= Tidak ada nilai standarnya

Sumber: (Penulis, 2020)

Dengan menggunakan *Decree Law* nomor 05 tahun 2009 dari Pemerintah Timor Leste, hanya EC dan kondisi mikrobiologi dari sampel air ini yang tidak memenuhi persyaratan, atau tidak layak konsumsi. Sedangkan dari standar air minum, baik dari Indonesia maupun dari Timor Leste, persyaratan mikrobiologi tidak terpenuhi karena dari sampel air ditemukan sejumlah *E. coli* dan T. coliform yang cukup tinggi sementara kedua standar ini meminta nilai 0 MPN/100 mL, atau tidak ditemukan sama sekali. Jika dibandingkan dengan standar air baku minum di dalam Lampiran VI PP nomor 22 tahun 2021, kondisi air ini masih memenuhi persyaratan karena kandungan maksimum *E. coli* dan T. coliform menurut standar ini adalah 100 dan 1000 MPN/100 mL.

Untuk dapat dkonsumsi, maka kandungan mikrobiologi di dalam air harus dihilangkan. Sebenarnya, menghilangkan *E. coli* dan T. coliform di dalam air tidaklah susah, hanya dengan perebusan atau pemasakan pada suhu 100°C maka air akan terbebas dari *E. coli* dan T. coliform (Fagerli et al., 2017). Di dalam penelitiannya, Fagerli et al. (2017) membandingkan penghilangan *E. coli* dengan 2 (dua) metode yaitu perebusan dan dengan chlorinisasi air minum yang menunjukkan bahwa perebusan air minum jauh lebih efektif daripada chlorinisasi. Perebusan air sebelum dikonsumsi untuk menghilangkan *E. coli* juga disarankan untuk konsumsi air kemasan isi ulang walaupun proses pemurnian airnya telah terstandar dan aman (Hayu & Mairizki, 2018). Metode lain untuk menghilangkan *E. coli* dari air adalah dengan menggunakan senyawa organik yang bersifat sebagai disinfektan seperti ekstrak daun mengkudu (*Morinda citrifolia*) (Halimah, Suci, & Wijayanti, 2019). Selain efektif menghilangkan *E. coli* ekstrak daun ini juga mampu menetralisir *Salmonella typhimurium* di dalam air.

Di dalam standar air minum pemerintah Indonesia, EC tidak menjadi

persyaratan. EC adalah konduktivitas listrik di dalam air yang diukur dalam satuan µS/cm atau mS/cm. Semakin tinggi EC maka semakin tinggi konduktivitas air. Konduktivitas air dipengaruhi oleh pekat tidaknya larutan karena ion listrik yang bisa berasal dari logam-logam terlarut. Jika Timor Leste menggunakan nilai EC berkisar 100 – 1000 µS/cm, maka di India standarnya adalah < 300 µS/cm (Jain, Sharma, Sohu, & Sharma, 2005) dan WHO standarnya adalah < 400 µS/cm (Mohsin, Safdar, Asghar, & Jamal, 2013). Hasil pengukuran air, dengan parameter EC ini tidak dapat memenuhi standar air minum Timor Leste tetapi dapat memenuhi persyaratan standar air minum India dan WHO.

Dari komposisi kimia air, kandungan Mn di dalam air sumur masyarakat perlu mendapatkan perhatian karena rata-rata kandungan Mn di Desa Mascarenhas and Desa Villa-verde kandungannya belum memenuhi persyaratan yang ditentukan di dalam Permen Kes nomor 492 tahun 2010 dan *decree law* Timor Leste nomor 05 tahun 2009. Hasil analisis sample air ini terhadap kandungan Mn tidak berbeda dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilaksanakan oleh Ximenes et al. (2018) dimana di dalam penelitiannya juga ditemukan kandungan Mn >0,4 mg/L. Ximenes et al. (2018) menjelaskan jika kondisi ini terjadi sebagai akibat dari komposisi litologi/batuan penyusunnya yang merupakan batuan metamorf dari Formasi Aileu yaitu; filit, sekis, amfibolit, batusabak, batupasir meta, batupasir dan serpih. Mengenai Geologi Timor Leste berupa Formasi Aileu telah dijelaskan oleh Audley-Charles (1968). Penelitian komposisi kimia dari filit dilakukan oleh Cesare et al. (2019) dan menyimpulkan bahwa filit memiliki kandungan Mg dan Ca yang relatif rendah daripada Fe dan Mn. Kandungan Mn dan Fe inilah yang kemudian, kemungkinan, larut ke dalam air sumur masyarakat.

Gambar 2. Batuan metamorf Filit yang Ditemukan di Desa Villa-verde Sumber: Penulis, 2020

Korelasi Jarak Sumber Pencemar Terhadap Kualitas Air Sumur

Sumber pencemar sumur yang ada biasanya adalah kamar mandi termasuk kakus. Beberapa aktivitas sehari-hari juga sering terjadi di sekitar sumur seperti mencuci. Terhadap kamar mandi, jarak antara sumur diukur dan hasilnya seperti di dalam

Tabel 3. Jarak Rata-Rata Sumur Terhadap Sumber Pencemar

Desa	Jarak Rata-Rata (meter)	SD
Caicoli	5,3[a]	1,70
Mascarenhas	5,9[a]	2,17
Villa-verde	7,4[a]	1,62
Colmera	6,9[a]	1,24

Sumber: Penulis, 2020

Uji statistik cepat dengan menggunakan Anova di Excel menunjukkan bahwa rata-rata keempat jarak sumur dengan sumber pencemar ini tidak berbeda secara nyata secara statistik dengan selang kepercayaan sebenar 5%. Namun, dari angkanya dapat dilihat bahwa di Desa Villa-verde rata-rata jarak sumur

dengan sumber pencemar adalah paling jauh dibandingkan dengan yang lainnya. Jarak sumur terhadap sumber pencemar memegang peranan penting atas kualitas air sumur, terutama komposisi mikrobiologinya (Putri et al., 2021). Hal ini terbukti dan ditemukan di lapangan bahwa dari keempat desa itu, di dalam air sumurnya terdapat kandungan *E. coli* dan T. coliform masing-masing berkisar 0,6 (δ ± 1,34) – 82 (δ ± 177,82) MPN/100 mL dan 0,8 (δ ± 1,78) – 81,6 (δ ± 178,09) MPN/100 mL (

Tabel **2**).

Pengujian statistik regresi sederhana guna mencari korelasi jarak sumur dan kandungan *e-coli* dan T-*coli* dengan rentang kepercayaan sebesar 95% disajikan di dalam

Tabel **4**.

Tabel 4. Anova Regresi Korelasi Jarak Sumur dengan Kandungan Mikrobiologi Air Sumur

		ANOVA: Jarak Sumur vs T. *Coli*				ANOVA: Jarak Sumur vs *E. coli*			
Item	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	40018,3	40018,3	6,5	0,020*	39360,2	39360,17	6,4	0,021*
Residual	18	110691,5	6149,5			111296,8	6183,12		
Total	19	150709,8				150657,0			

* < α = 5%, ada pengaruh yang signifikan antara faktor y dan x

Sumber: Penulis, 2020

Uji sederhana Anova dari regresi linier untuk mencari korelasi jarak sumur dan kandungan mikrobiologi membuktikan adanya korelasi itu. Hal ini ditunjukkan dari nilai F_{sig} yang < dari α (5%). Baik pengaruh jarak sumur terhadap *E. coli* maupun terhadap Total coliform, semuanya terbukti berkorelasi kuat. Hal ini sama dengan hasil penelitian dari Yuniarti, Hardika and Mariadi (2019) yang menyimpulkan adanya pengaruh jarak sumber pencemar terhadap kualitas air sumur, khususnya parameter mikrobiologi. Dalam praktek kita sehari-hari, memang telah dipahami bahwa jarak antara sumber pencemar dengan sumur berpengaruh nyata, namun di dalam implementasinya mempertahankan jarak aman guna menjaga kualitas air sumur masih sulit diterapkan karena alasan sempitnya lahan, perkembangan populasi yang tinggi dan buruknya perencanaan tata ruang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa;

1. Kualitas air tanah di Kecamatan Vera Cruz tidak layak untuk dikonsumsi karena beberapa parameternya melebihi baku mutu air minum.
2. Kondisi geologi setempat secara nyata telah mempengaruhi kualitas air tanah. Unsur Mn dan Fe yang terdapat di dalam air tanah merupakan turunan dari batuan metamorf Filit yang menyusun geologi daerah penelitian.
3. Jarak sumur dengan umur pencemar secara nyata telah terbukti dan menentukan kualitas air tanah, terutama dari segi parameter mikrobiologinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini menjadi lebih baik karena kebaikan hati Nur Iswanto, tenaga pendidik dari Sekolah Pascasarjana, Institut Teknologi Yogyakarta, yang memberikan pandangan dan masukkan terhadap artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan

kepada pemerintah setempat Kecamatan Vera Cruz yang telah memberikan izin kepada kami melaksanakan penelitian di tempatnya dan kepada penduduknya yang mengizinkan air sumurnya kami ambil untuk dijadikan sampel penelitian kami.

DAFTAR PUSTAKA

Audley-Charles, M.G., 1968. Geology of Portuguese Timor. Geological Society of London Memoir No. 4, London. P. 1-76

Aurecon Australia (2012) ADB Grant Dili urban water supply sector project design and construction supervision consultancy services, Ministry of infrastructure, Republic Democracy of Timor -Leste.

Cesare, B., Nestola, F., Johnson, T., Mugnaioli, E., Della Ventura, G., Peruzzo, L., . . . Erickson, T. (2019). Garnet, the archetypal cubic mineral, grows tetragonal. *Scientific Reports, 9*(1), 14672. doi:10.1038/s41598-019-51214-9

Decree Law No 5/2009. Licensing Regulation, Sale and Drinking Water Quality. Ministry of Health, Timor Leste.

Fagerli, K., Trivedi, K., Sodha, S., Blanton, E., Ati, A., Nguyen, T., . . . Kim, S. (2017). Comparison of boiling and chlorination on the quality of stored drinking water and childhood diarrhoea in Indonesian households. *Epidemiology & Infection, 145*(15), 3294-3302.

Halimah, H., Suci, D. M., & Wijayanti, I. (2019). Studi potensi penggunaan daun mengkudu (Morinda citrifolia L.) sebagai bahan antibakteri Escherichia coli dan Salmonella typhimurium. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia, 24*(1), 58-64.

Hayu, R. E., & Mairizki, F. (2018). Higiene sanitasi dan uji Escherichia coli depot air minum isi ulang (Damiu) di Kelurahan Pesisir, Kecamatan Lima Puluh, Kota Pekanbaru. *Jurnal Kesehatan Vokasional, 3*(2), 74-80.

Jain, P., Sharma, J., Sohu, D., & Sharma, P. (2005). Chemical analysis of drinking water of villages of Sanganer Tehsil, Jaipur District. *International Journal of Environmental Science and Technology, 2*(4), 373-379.

Mohsin, M., Safdar, S., Asghar, F., & Jamal, F. (2013). Assessment of drinking water quality and its impact on residents health in Bahawalpur city. *International Journal of Humanities and Social Science, 3*(15), 114-128.

National Directorate for Statistics (2015). Population and Housing Census 2010, Dili: Government of Timor-Leste.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

Putri, A. Z., Hartono, D. M., & Adityosulindro, S. (2021, 18 - 20 June 2021). *Analysis the Relationship Between the Distance of Groundwater Wells to the Septic Tank on Groundwater Quality.* Paper presented at the 7th International Conference on Modern Approaches in Science, Technology and Engineering, Brussels, Belgium.

Sarmento, D. R., & Cardoso, J. (2014). Risk Assessment for Groundwater Resources in Dili, The Capital City of Timor-Leste. *International Journal of Interdisciplinary and*

Multidisciplinary Studies, 1, 180-191.

Takeleb, A., Sujono, J., & Jayadi, R. (2020). Water resource management strategy for urban water purposes in Dili Municipality, Timor-Leste. *Australasian Journal of Water Resources, 24*(2), 199-208.

Wallace L, Sundaram B, Brodie RS, Marshall S, Dawson S, Jaycock J, Stewart G, Furness L (2012) Vulnerability assessment of climate change impacts on groundwater resources in Timor-Leste: summary report. Geoscience Australia, Canberra

Ximenes, M., Duffy, B., Faria, M. J., & Neely, K. (2018). Initial observations of water quality indicators in the unconfined shallow aquifer in Dili City, Timor-Leste: suggestions for its management. *Environmental earth sciences, 77*(19), 711. doi:10.1007/s12665-018-7902-8

Yuniarti, E., Hardika, B. D., & Mariadi, P. D. (2019). *Penyuluhan dan Pemeriksaan Eschericia Coli Dalam Air Sumur Warga Untuk Meningkatkan Kualitas Kesehatan.* Paper presented at the Prosiding Seminar Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.