



ANALISIS KECEPATAN ALIRAN AIR TANAH TERHADAP JARAK AMAN ANTARA SEPTIC TANK DENGAN SUMUR GALI DI KOTA KUPANG

Rista Theedens^a, Marselina Bahagia^b

^a Institusi Teknologi Alberth Foenay, rista.theedens@gmail.com, Kota Kupang

^b Institusi Teknologi Alberth Foenay, Kota Kupang

ABSTRACT

Meeting the needs of the people of Kupang City for clean water is felt to be very limited, due to the lack of surface water potential. Referring to SNI 2398:2017 the minimum distance of a septic tank with clean water wells is 10 meters, in densely populated areas this distance is difficult to obtain (www.ampl.or.id/digilib/read/setting-jarak-sumur-dan-septic-tank-household/22213). The type of research is descriptive quantitative, with the main objective to make a description or descriptive of a situation objectively (Notoatmodjo, 2002 p.138) in this case to determine the hydrological factors related to the distance between septic tanks and dug wells in Kupang City. Data were analyzed using the Geological map and Hydrogeological Map of Kupang City. The coral limestone formation area is a source of groundwater used by the people of Kupang City. The 10-meter safe distance starts with the E-coli bacteria, which has a life expectancy of three days. The K value of coral limestone is 1×10^{-6} m/sec - 2×10^{-2} m/sec. At the lowest K value, which is 1×10^{-6} m/sec, for a travel time of 3 days, a distance of 0.225 m is found. This 0.22592 meter distance provides information that the distance between the septic tank and dug wells in Kupang City has a potential of <10 meters so that further research is needed regarding the velocity of groundwater flow, which also analyzes other hydrological factors, namely the depth of groundwater, the direction of groundwater flow. and soil layers, in order to obtain the actual safe distance.

Keywords: dug wells, septic tanks, hydrological factors, geological formations.

Abstrak

Pemenuhan kebutuhan masyarakat Kota Kupang akan air bersih dirasakan sangat terbatas, karena minimnya potensi air permukaan. Merujuk SNI 2398:2017 jarak minimal septic tank dengan sumur air bersih adalah 10 meter, pada kawasan padat penduduk jarak ini sulit diperoleh (www.ampl.or.id/digilib/read/mengatur-jarak-sumur-dan-septic-tank-rumah-tangga/22213). Jenis penelitian yaitu Deskriptif Kuantitatif, dengan tujuan utama untuk membuat gambaran atau deskriptif tentang suatu keadaan yang secara objektif (Notoatmodjo, 2002 h.138) dalam hal ini untuk mengetahui faktor hidrologi terkait jarak sarana septic tank dan sumur gali di Kota Kupang. Data dianalisis menggunakan peta Geologi dan Peta Hidrogeologi Kota Kupang. Kawasan formasi batu gamping koral merupakan sumber air tanah yang dimanfaatkan masyarakat Kota Kupang. Jarak aman 10 meter bermula dari bakteri E-coli yang mempunyai usia harapan hidup selama tiga hari. Nilai K batuan gamping koral yaitu 1×10^{-6} m/sec - 2×10^{-2} m/sec. Pada Nilai K paling rendah yaitu 1×10^{-6} m/sec, untuk waktu tempuh 3 hari di temukan jarak 0,2592 m. Jarak 0,2592 meter ini memberi informasi bahwa jarak antara septic tank terhadap sumur gali di Kota Kupang memiliki potensi <10 meter sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut terkait kecepatan aliran air tanah, yang juga menganalisis faktor hidrologi lainnya yaitu kedalaman air tanah, arah aliran air tanah dan lapisan tanah, agar diperoleh berapa jarak aman sebenarnya.

Kata Kunci: sumur gali, septic tank, faktor hidrologi, formasi geologi.

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia di bumi ini. Kegunaan air secara konvensional yaitu sebagai air minum, air untuk mandi dan mencuci, air untuk sanitasi dan air untuk transportasi, baik di sungai maupun dilaut. Masalah saat ini yang berkaitan dengan air yaitu kualitas air untuk keperluan domestik yang semakin menurun akibat pencemaran. Sumber pencemar air berasal dari limbah industri dan domestik, septic tank, tempat pembuangan sampah, peternakan, saluran resapan/selokan, rumah sakit dan lain-lain. Kondisi ini dapat menimbulkan gangguan, kerusakan, dan bahaya bagi semua makhluk hidup yang bergantung pada sumber daya air (Nurhadini, 2016, h. 1).

Sumur gali merupakan cara pengambilan air tanah yang banyak diterapkan di daerah pedesaan karena mudah pembuatannya dan dapat dilaksanakan oleh masyarakat itu sendiri dengan peralatan yang sederhana dan biaya yang murah. Sumur gali menyediakan air yang berasal dari lapisan tanah yang relatif dekat dari permukaan tanah, oleh karena itu dengan mudah terkena kontaminasi melalui rembesan (Waluyo, 2005, dalam Katiho, dkk, 2012).

Pemenuhan kebutuhan masyarakat Kota Kupang akan air bersih dirasakan sangat terbatas, karena minimnya potensi air permukaan. Pemanfaatan potensi air sumur merupakan salah satu harapan, guna memenuhi kebutuhan air bersih Kota Kupang. Agar air sumur memenuhi syarat kesehatan sebagai air rumah tangga, maka air sumur harus dilindungi terhadap bahaya-bahaya. Merujuk Standar Nasional Indonesia SNI 2398:2017 tentang spesifikasi sumur gali untuk sumber bersih disebutkan kalau jarak minimal sumur resapan *septic tank* dengan sumur air bersih adalah 10 meter. Munculnya kemestian jarak 10 meter sumur dan tangki septic bermula dari bakteri *E-coli* patogen (bersifat anaerob) yang biasanya mempunyai usia harapan hidup selama tiga hari. Sedangkan kecepatan aliran air dalam tanah berkisar 3 meter per hari (rata-rata kecepatan aliran air dalam tanah di pulau Jawa 3 meter/hari) adapun angka 10 meter setelah ditambah satu meter sebagai jarak pengaman. Berdasarkan uraian diatas diketahui bahwa kecepatan aliran air tanah di pulau Jawa rata-rata 3 meter/hari, tidak menutup kemungkinan masing-masing daerah lain di Indonesia mempunyai kecepatan aliran air tanah yang berbeda. Hal ini tergantung dari formasi geologi pada daerah tersebut (www.ampl.or.id/digilib/read/mengatur-jarak-sumur-dan-septic-tank-rumah-tangga/22213)

Jarak 10 meter antara septic Tank dan sumur telah menjadi pengetahuan umum dan populer di masyarakat, namun dalam kenyataannya jarak 10 meter, terutama pada rumah-rumah padat penduduk jarak sejauh itu sulit diperoleh.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini Deskriptif Kuantitatif merupakan jenis penelitian yang dilakukan dengan tujuan utama untuk membuat gambaran atau deskriptif tentang suatu keadaan yang secara objektif (Notoatmodjo, 2002 h.138) dalam hal ini untuk mengetahui faktor hidrologi terkait jarak sarana septic tank dan sumur gali di Kota Kupang.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan juni sampai bulan Juli 2022, bertempat di Laboratorium Komputer Institut Teknologi Alberth Foenay Kota Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan teknik Studi dokumen atau teks yang merupakan kajian yang menitik beratkan pada analisis atau interpretasi bahan tertulis berdasarkan konteksnya. Bahan bisa berupa catatan yang terpublikasikan, buku teks, jurnal, artikel, dan sejenisnya. Data dianalisis menggunakan peta Geologi dan Peta Hidrogeologi Kota Kupang.

HASIL

A. Gambaran Umum Wilayah Kota Kupang

a. Letak, Luas dan Batas Wilayah

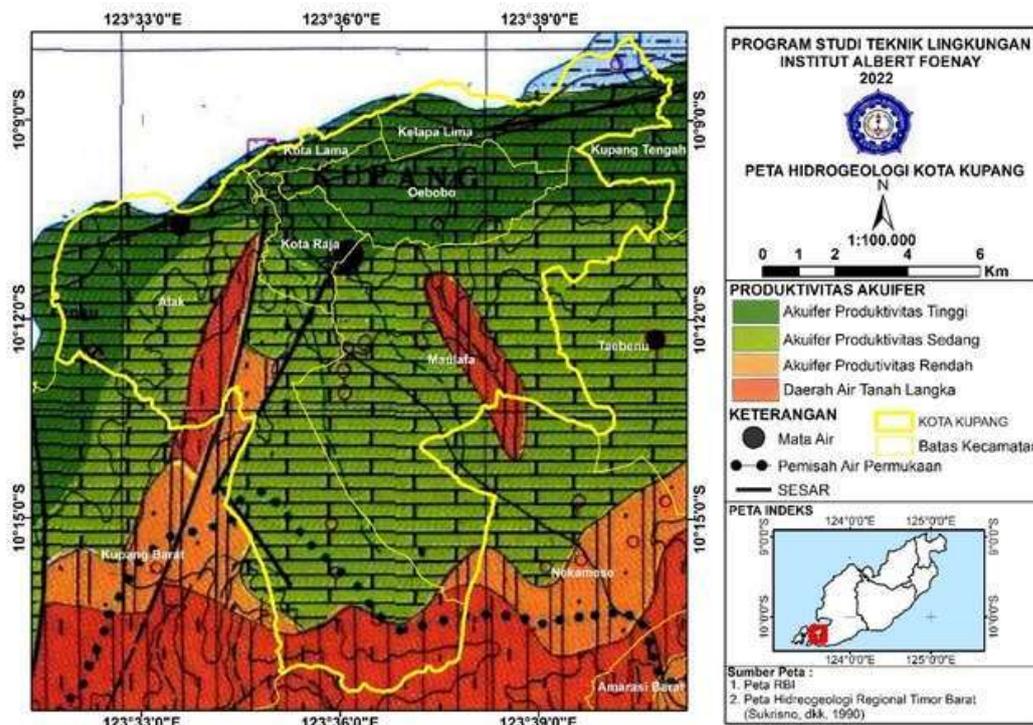
Dilihat dari aspek astronomis Kota Kupang terletak pada bagian: Utara:10°7'40 Lintang Selatan, Selatan: 10°17'39 Lintang Selatan, Timur: 123°31'35Bujur Timur, Barat: 123°41'00 Bujur Timur. Secara geografis Kota Kupang memiliki luas wilayah sebesar 180,27 Km² atau 18.027 Ha. Berdasarkan wilayahnya, batas-batas Kota Kupang adalah: (1) Timur :Kecamatan Kupang Tengah dan Kupang Barat Kabupaten Kupang (2)Barat :Kecamatan Kupang Barat dan Selat Semau, (3) Utara : Teluk Kupang, (4)Selatan :Kecamatan Kupang Barat (perkotaan.bpiw.pu.go.id/n/kota-otonom/65).

b. Topografi

Kondisi Kota Kupang secara geografis dapat dijelaskan, terletak padadataran pantai pulau Timor dengan topografi bergelombang dari arah timur kebarat dengan memiliki kemiringan $\pm 10\%$ dan memiliki ketinggian tertinggi berkisar antara 150-300 m dan daerah terendah berkisar antara 0-50 m dari permukaan laut (perkotaan.bpiw.pu.go.id/n/kota-otonom/65).

B. Hidrogeologi Kota Kupang

Secara geologi batuan di wilayah Kota Kupang, didominasi oleh batu gamping koral, dan membentuk daerah karst, berumur kwarter. Dari pantai utara ke selatan morfologi terus meninggi hingga daerah tinggian yang membagi lereng utara dan lereng selatan. Daerah tinggian ini merupakan batas daerah aliran sungai (DAS) utama antara wilayah utara dan selatan. Kemiringan lereng dari pantai utara ke pembatas aliran air utama berkisar 2-3 %. Bagian selatan dicirikan oleh morfologi yang khas, yaitu rangkaian pegunungan berlereng landai sampai agak terjal, banyak gejala rayapan dan longsoran, puncak-puncak yang menonjol jika dibandingkan dengan daerah sekitarnya, terdiri dari batuan yang tahan erosi, dan dikenal dengan istilah Fatu. Secara umum sungai-sungai di wilayah Kota Kupang mengalir ke utara dengan lembah erosi yang sempit dan dalam serta memiliki gradien sungai yang besar. Sungai besar dan berair yaitu sungai Naimbala (Kali Dendeng), bagian hilir sungai Liliba dan sungai Manikin (Noelbaki) sungai lainnya hanya mengalir pada saat hujan deras (Adeo,2008)



Gambar 1. Peta Hidrogeologi Kota Kupang

Berdasarkan peta hidrogeologi menunjukkan bahwa hampir seluruh wilayah kota kupang berada di daerah berakuifer sedang hingga tinggi, artinya ketebalan akuifer berada lebih dari 25- 50 meter merupakan akuifer tertekan yang dibatasi oleh dua lapisan kedap air (*impermeable layer*) pada bagian atas dan bawahnya. Laju pergerakan air didalam tanah ditentukan oleh dua factor yaitu porositas dan permeabilitas. Porositas menentukan jumlah air yang dapat disimpan dalam batuan. Nilai porositas bergantung pada besar butir dari

lapisan penyusun tanah. Porositas dalam batu gamping dihasilkan dari banyak proses, baik pengendapan maupun setelah pengendapan. Porositas dalam reservoir karbonat berkisar dari 1% hingga 35%, (Lucia, 2007). Sedangkan Permeabilitas merupakan ukuran dari tingkat kesinambungan ruang pori. Porositas rendah akan menghasilkan permeabilitas rendah akan tetapi porositas tinggi belum tentu menghasilkan permeabilitas tinggi. Sangat mungkin dijumpai batuan dengan porositas tinggi akan tetapi pori-porinya tidak berkesinambungan satu dengan yang lainnya (Wuryantoro, 2007).

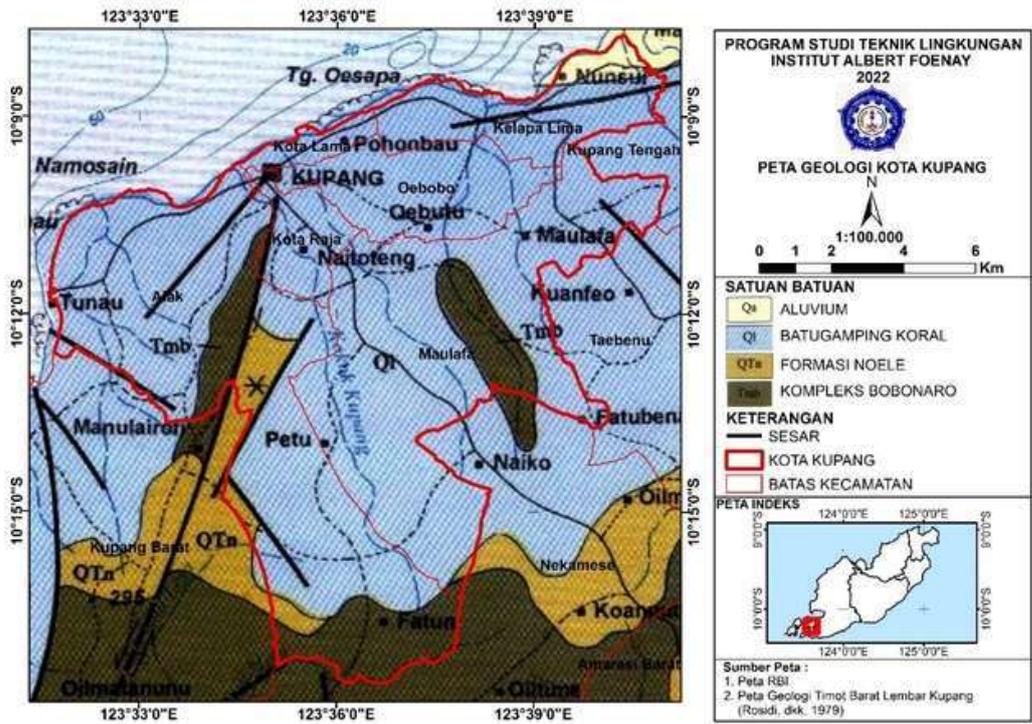
C. Geologi Kota Kupang

Kondisi Geologi di Kota Kupang berdasarkan Peta geologi memiliki empat formasi geologi yaitu formasi noele, alluvium, batu gamping karst, dan komplek bobonaro. Kondisi geologi akan bisa memberikan pengaruh terhadap tingkat air tanah yang ada, karena karakteristik litologi atau batuan dapat mempengaruhi laju infiltrasi dengan memberikan kontribusi pada ukuran butir, porositas-permeabilitas, dan mineral lempung yang ada pada tanah (Yangga, 2016).

1. Formasi noelle terdapat pada sebagian kecil di desa fatukoa, naioni, batuplat, danmanulai II. Formasi noelle Umur Pliosen sampai Pleistosen, yang selang seling antara marlan batu pasir, konglomerat dan tuff, struktur sedimen yang berupa lapisan berangsur, konvolut, laminasi parallel, mengandung moluska dan cangkang. Pada satuan batuan formasi Noelle, potensi air tanahnya dapat dijumpai dalam jumlah yang terbatas terdapat di dekat permukaan tanah (dangkal) serta hanya dapat dimanfaatkan melalui sumur gali.
2. Batu gamping Korall, terdiri dari batu gamping korall, berwarna putih hingga kekuning-kuningan, kadang kemerahan dan berkembang pula batugamping terumbu dengan permukaan kasar dan berongga. Membentuk topografi yang berupa bukit yang memanjang dengan puncak yang hamper datar. Ketebalan maksimum yang diketahui di Kupang sekitar 150 meter. Geologi pada formasi yang didominasi oleh karst atau batu gamping menyebabkan laju infiltrasi dalam klasifikasi sedang (sigit, 2010). Infiltrasi yang sedang pada batuan gamping disebabkan batu gamping bagian atas umumnya mempunyai rekahan yang intensif akibat dari proses karstifikasi, sehingga menjadikan zona ini mempunyai porositas (sekunder) yang berfungsi mengalirkan air yang meresap dari tanah di atasnya, kemudian mengalir ke gua bawah tanah melalui rekahan yang terbentuk dibawah (*bedrock*) (Yangga, 2016).
3. Formasi alluvium terdapat pada sebagian desa lasiana dan sebagian desa oesapa. Alluvium terbentuk pada Umur Holosen, terdiri dari lumpur, pasir, kerikil, merupakan material lepas, umumnya berada pada area limpas banjir dan gosong-gosong sungai. Kondisi geologi yang merupakan daerah endapan umumnya memiliki tingkat porositas yang tinggi karena beragamnya material yang terbawa oleh arus sungai. porositas yang tinggi sehingga akan menyebabkan tingkat infiltrasi pada daerah tersebut semakin tinggi.
4. Komplek bobonaro yang berada sebelah selatan Kota Kupang dan pada sebagian kecil barat, serta timur Kota Kupang yang terdiri dari fragmen ukuran boulder matrik lempung. Kondisi geologi yang terdapat batuan yang berukuran boulder akan menyebabkan air akan sulit akan meresap, karena batuan yang berukuran besar akan memiliki sifat yang terkonsolidasi cukup kuat. Batuan yang memiliki konsolidasi kuat akan sulit mengalami pelapukan sehingga rekahan yang terbentuk maupun tanah yang terbentuk pada daerah tersebut akan sedikit. Tanah maupun rekahan yang sedikit menyebabkan air yang mengalir pada permukaan akan sulit terinfiltrasi ke dalam tanah sehingga akan menimbulkan potensi air tanah berpotensi sedikit.

Tabel 1 Jenis Geologi Kota Kupang

No	Jenis Geologi	Keterangan	Skor	Luas (Ha)	Pesentase (%)
1	Tb	Komplek Bobonaro	1	1914.97	11.67
2	QTn	Formasi Noele	2	417.18	2.54
3	Ql	Batu Gamping Korall	2	13818.10	84.19
4	Qa	Alluvium	3	263.00	1.60
Total				16413.25	100



Gambar 2. Peta Geologi Kota Kupang

D. Hubungan sifat batuan dengan aliran air tanah

Sifat batuan yang berhubungan dengan keberadaan dan aliran air tanah yaitu porositas dan permeabilitas. Porositas juga sangat berpengaruh pada aliran dan jumlah air tanah. Porositas adalah jumlah atau persentase pori atau rongga dalam total volume batuan atau sedimen. Porositas dapat di bagi menjadi dua yaitu porositas primer dan porositas sekunder. Porositas primer adalah porositas yang ada sewaktu bahan tersebut terbentuk sedangkan porositas sekunder di hasilkan oleh retakan-retakan dan alur yang terurai. Pori-pori merupakan ciri batuan sedimen klastik dan bahan butiran lainnya. Pori berukuran kapiler dan membawa air yang disebut air pori. Aliran melalui pori adalah laminier. Kapasitas penyimpanan atau cadangan air suatu bahan ditunjukkan dengan porositas yang merupakan nisbah volume rongga (Wuryantoro, 2007).

Permeabilitas merupakan kemampuan batuan atau tanah untuk melewatkan atau meloloskan air yang dinyatakan dalam m/hari. Air tanah mengalir melewati rongga-rongga yang kecil, semakin kecil rongganya semakin lambat alirannya. Jika rongganya sangat kecil, akan mengakibatkan molekul air akan tetap tinggal. Kejadian semacam ini terjadi pada lempung. Secara kuantitatif permeabilitas diberi batasan dengan koefisien permeabilitas. Banyak peneliti telah mengkaji problema permeabilitas dan mengembangkan beberapa rumus. Permeabilitas sangat penting untuk menentukan besarnya cadangan fluida yang dapat diproduksi (M. Irham Nurwidyanto. 2006)

Konduktivitas hidraulik (K) merupakan suatu parameter dalam aliran air melalui media berpori yang menyatakan laju kelulusan air persatuan luas penampang media yang dilalui. Pergerakan air dalam tanah atau konduktivitas hidraulik tanah terbagi atas dua, yakni konduktivitas hidraulik jenuh (permeabilitas) dan konduktivitas hidraulik tidak jenuh. Permeabilitas tanah sangat dipengaruhi oleh karakteristik pori terutama kestabilan pori yang ditentukan oleh kestabilan agregat tanahnya. Pori yang berada dalam agregat tanah yang stabil akan mempercepat Bergeraknya air, pada pori yang berada dalam agregat tanah yang tidak stabil, maka pori akan mudah tertutup akibat hancurnya agregat tanah dan menghambat pergerakan air (Zaffar dan S.G. Lu, 2015).

Tabel 2. Nilai K pada batuan

Material Sedimen Tidak Terkonsolidasi	
Material	K (m/sec)
Kerakal	3×10^{-4} - 3×10^{-2}
Pasir Kasar	9×10^{-7} - 6×10^{-3}
Pasir Sedang	9×10^{-7} - 5×10^{-4}
Pasir Halus	2×10^{-7} - 2×10^{-4}
Lanau	1×10^{-9} - 2×10^{-5}
Endapan Glasial	1×10^{-12} - 2×10^{-6}
Lempung	1×10^{-11} - 4.7×10^{-9}
Lempung Laut Tidak Lapuk	8×10^{-13} - 2×10^{-9}
Batuan Sedimen	
Jenis Batuan	K (m/sec)
Karst dan Batu gamping Terumbu	1×10^{-6} - 2×10^{-2}
Batu gamping dan Dolomit	1×10^{-9} - 6×10^{-6}
Batu pasir	3×10^{-10} - 6×10^{-6}
Batu lanau	1×10^{-11} - 1.4×10^{-8}
Garam	1×10^{-12} - 1×10^{-10}
Anhydrite	4×10^{-13} - 2×10^{-8}
Serpih	1×10^{-13} - 2×10^{-9}
Batuan Kristalin	
Jenis Batuan	K (m/sec)
Basal porous	4×10^{-7} - 2×10^{-2}
Batuan beku dan metamorf terkekarkan	8×10^{-9} - 4×10^{-4}
Granit lapuk	3.3×10^{-6} - 5.2×10^{-5}
Gabro lapuk	5.5×10^{-7} - 3.8×10^{-6}
Basal	1×10^{-11} - 4.7×10^{-7}
Batuan beku dan metamorf tak terkekarkan	3×10^{-14} - 2×10^{-10}

(Sumber : Domenico dan Schwartz 1990)

Berdasarkan uraian diatas maka dengan mengetahui formasi batuan di Kota Kupang kita dapat memperoleh informasi terkait jarak aman antara septic tank terhadap sumur gali dengan menyesuaikan kondisi geologi kawasan Kota Kupang. Selama ini panduan jarak 10 meter merupakan hasil yang diperoleh berdasarkan pengukuran kecepatan aliran air tanah di pulau Jawa yaitu rata-rata 3 meter/hari, sehingga tidak menutup kemungkinan masing-masing daerah lainnya mempunyai kecepatan aliran air tanah yang berbeda, hal ini tergantung dari formasi batuan pada daerah masing-masing. Kawasan Kota Kupang didominasi oleh formasi batu gamping koral serta sumber air tanah dari zona produktifitas akuifer sedang ke tinggi yang juga berada pada kawasan formasi batu gamping koral, maka bisa dikatakan bahwa kawasan ini merupakan sumber air tanah yang kerap dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sumber daya air bersih berupa sumur gali. Dengan acuan informasi ini kita dapat mengukur kecepatan aliran air tanah di kawasan kota Kupang dengan melihat laju kelulusan air pada kawasan batu gamping koral dengan melihat Nilai K (Konduktivitas hidraulik) yaitu 1×10^{-6} m/sec - 2×10^{-2} m/sec, dimana jika kita konversi ke m/hari maka kita temukan data sebagai berikut 0,0864 m/hari – 1728 m/hari. Dari data tersebut jika kita hubungkan dengan jarak aman 10 meter yang bermula dari bakteri *E-coli* patogen (bersifat anaerob) yang biasanya mempunyai usia harapan hidup selama tiga hari maka mengacu pada Nilai K (Konduktivitas hidraulik) paling rendah yaitu 0,0864 m/hari, untuk lama waktu tempuh 3 hari kita temukan jarak yaitu 0,2592 m. Hal ini memberi informasi kepada kita bahwa jarak antara *septic tank* terhadap sumur gali di Kota Kupang memiliki potensi kurang dari 10 meter.

Informasi terkait kecepatan aliran air tanah dalam penempatan *septic tank* terhadap sumur gali di Kota Kupang sangat penting diperhatikan oleh masyarakat pada umumnya dan Pemerintah Kota Kupang pada khususnya. Kecepatan aliran air tanah yang merupakan Faktor hidrologi ini terkait dengan informasi mengenai daya porositas serta daya permeabilitas air tanah yang akan membantu dalam menentukan jarak aman antara septic tank dengan sumur gali sesuai dengan kondisi formasi batuan di Kota Kupang, mengingat seiring waktu jumlah hunian penduduk Kota Kupang yang semakin padat meningkatkan resiko potensi permasalahan kesehatan lingkungan akibat jarak aman antara *septic tank* terhadap sumur gali yang tidak dapat terpenuhi. Diharapkan dengan terpenuhinya jarak aman antara *Septic Tank* dengan Sumur Gali maka

dimasa new normal ini pemenuhan persyaratan pembangunan infrastruktur yang berfokus pada kualitas kesehatan masyarakat dapat terpenuhi.

KESIMPULAN

Wilayah Kota Kupang sebagian besar didominasi oleh formasi batuan gamping koral yang merupakan zona sumber air tanah dari produktifitas akuifer sedang hingga tinggi, zona ini kerap dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sumber daya air bersih berupa sumur gali. Dengan melihat laju kelulusan air pada kawasan batu gamping koral, berupa Nilai K (Konduktivitas hidraulik) yaitu 1×10^{-6} m/sec - 2×10^{-2} m/sec, maka jika kita konversi ditemukan data sebagai berikut 0,0864 m/hari – 1728 m/hari. Dari data tersebut mengacu pada Nilai K (Konduktivitas hidraulik) paling rendah yaitu 0,0864 m/hari, untuk waktu tempuh 3 hari kita temukan jarak yaitu 0,2592 m. Hal ini memberi informasi kepada kita bahwa jarak antara *septic tank* terhadap sumur gali di Kota Kupang memiliki potensi kurang dari 10 meter.

DAFTAR REFERENSI

- Adoe, Trisianus Harry Rinandus .2008. “Pengendalian Pemanfaatan Air Bawah Tanah Di Kota Kupang”.Tesis. Program Studi Magister Teknik Pembangunan Wilayah dan Kota Konsentrasi Manajemen Prasarana Perkotaan. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.Semarang.
- Departemen Kesehatan RI, 1996, Penyehatan air, Dirjen PMM dan PLP, Jakarta.
- Domenico, P.A dan Schwartz, F.W. (1990). Physical and Chemical Hydrogeology. United States. John Wiley & Sons Inc.
- Angela Suryani, dkk. 2012. Gambaran Kondisi Fisik Sumur Gali di Tinjau dari Aspek Kesehatan Lingkungan dan Perilaku Pengguna Sumur Gali di Kelurahan Sumompo Kecamatan Tuminting Kota Manado. Jurnal Kesehatan. Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Manado Volume 1 Nomor 1.
- Lucia, F.J., (2007). Carbonate Reservoir Characterization. An Integrated Approach, Second Edition. Berlin, Heidelberg. New York : Springer-Verlag. Pp 341
- M.Irham Nurwidyanto. 2006, Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Porositas Dan Permeabilitas Pada Batu Pasir. Jurnal Diakses pada 8 Juli 2022
- Mengatur Jarak Sumur dan Septic Tank Rumah Tangga. <http://www.ampl.or.id/> . 08 Maret 2007. 2 juli 2022. <http://www.ampl.or.id/digilib/read/mengatur-jarak-sumur-dan-septic-tank-rumah-tangga/22213>
- Notoatmodjo,S.2002, Metode Penelitian Kesehatan, Rineka Cipta, Jakarta
- Nurhadini, 2016, Studi Deskriptif Sumur Gali Ditinjau Dari Kondisi Fisik Lingkungan Dan Praktik Masyarakat Di Kabupaten Boyolali, dibaca tanggal 11 februari 2019, <https://lib.unnes.ac.id/28026/1/6411411097.pdf> Persyaratan Kualitas Air 1990 (Permenkes RI No. 416)
- Perbedaan Air Tanah Dangkal dan Air Tanah Dalam. 18 Desember 2019. 2 Juli 2022 <https://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/hidrologi/perbedaan-air-tanah-dangkal-dan-air-tanah-dalam>
- "Profil Kota Kupang". Bpiw.pu.go.id. 2017. 22 Juli 2022. <http://perkotaan.bpiw.pu.go.id/n/kota-otonom/65>
- Sigit, Agus Anggoro. 2010. Analisis Spasial Potensi Kuantitas Relatif Air Tanah Di Daerah Aliran Sungai Galeh Dengan Sistem Informasi Geografis. Surakarta :Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Siklus Hidrologi, Pengertian, Proses, Gambar, dan Penjelasannya. <http://www.ipsasyik.web.id/>.18 Februari 2017. 2 Juli 2022 <http://www.ipsasyik.web.id/2017/02/siklus-hidrologi-pengertian> proses.html
- SNI 2398:2017 Tata cara perencanaan tangki septik dengan pengolahan lanjutan(sumur resapan, bidang resapan, p flow filter, kolam sanita)
- Wuryantoro. 2007. Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Untuk Menentukan Letak Dan Kedalaman Aquifer Air Tanah (Studi Kasus di Desa Temperak Kecamatan Sarang Kabupaten Rembang Jawa Tengah). UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG.
- Yangga, Ading Tri. Dan Wawan Budianta. 2016. Pengaruh Karakteristik Litologi Terhadap Laju Infiltrasi, Studi Kasus Daerah Ngalang Dan Sekitarnya, Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Disampaikan pada SEMINAR Nasional Kebumian Ke-9 Peran Penelitian Ilmu Kebumian Dalam Pemberdayaan Masyarakat 6 – 7 Oktober 2016; Graha Sabha Pramana
- Zaffar, M., Gao, L.S. 2015. . Pore Size Distribution of Clayey Soils and Its Correlation with Soil Organic Matter. Pedhospere (25) 240-249.