



Studi Kelayakan Sumber Daya Air Baku Pulau Bintan – Tinjauan Aspek Kuantitas dan Kualitas

Dyah Marganingrum¹

Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI, Bandung, Indonesia

Nyoman Sumawijaya

Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI, Bandung, Indonesia

Arief Rachmat

Pusat Pemanfaatan dan Inovasi IPTEK-LIPI, Bandung, Indonesia

Artikel Masuk : 18 Oktober 2019

Artikel Diterima : 20 April 2020

Tersedia Online : 30 April 2020

Abstrak: Kelayakan sumber air baku didasarkan atas tiga aspek, yaitu kuantitas, kualitas, dan kontinuitas. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kelayakan air baku di Pulau Bintan pada aspek kuantitas dan kualitasnya. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis komprehensif fungsi hidrologi dan hidrogeologi serta kualitas air. Hasil studi menunjukkan bahwa kelimpahan air hujan di lokasi studi tidak tersimpan maksimal sebagai air tanah karena keterbatasan luas daerah tangkapan serta kapasitas simpan media akuifer yang didominasi oleh satuan batuan dengan tingkat kelulusan rendah sampai sedang (80%). Hidrogeologi lokasi studi juga didominasi oleh daerah akuifer produktivitas rendah setempat berarti (70%) yang ditunjukkan dengan lapisan akuifer yang dangkal. Oleh karena itu, keberadaan waduk atau *storage* menjadi sangat penting. Hasil perhitungan tahun 2017 menunjukkan bahwa produksi air baku PDAM Tirta Kepri sebesar 3.521.855 m³/tahun. Sementara kebutuhan masyarakat di Pulau Bintan pada tahun yang sama sebesar 7.957.803 m³/tahun. Analisis aspek kualitas menunjukkan bahwa kualitas air sumur tercemar ringan (WQI = 0,59), sedangkan air permukaan tercemar sedang (WQI = 1,01). Parameter yang memberikan perbedaan dari kedua sumber tersebut adalah kandungan besi. Hasil analisis diagram Gibbs menunjukkan adanya proses pelapukan oleh air hujan yang mengikis permukaan tanah bekas tambang bauksit dan melarutkan besi serta mengalir bersama air limpasan dan masuk ke dalam waduk-waduk. Potensi pencemaran oleh besi yang tinggi akan meningkat sering ditetapkannya Pulau Bintan sebagai Kawasan Ekonomi Khusus. Kegiatan industri dan jasa akan memicu terjadinya hujan asam yang berdampak pada penurunan nilai pH hujan dan proses pelarutan besi pada batuan serta permukaan tanah akan semakin meningkat.

Kata Kunci: akuifer; digram Gibb's; kuantitas; kualitas; waduk

Abstract: *The raw water feasibility is based on three aspects, such as quantity, quality, and continuity. This study aims to assess the feasibility of raw water on Bintan Island in quantity*

¹ Korespondensi Penulis: Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI, Bandung, Indonesia
Email: dmarganingrum@yahoo.com

and quality terms The method used is a comprehensive analysis of hydrological and hydrogeological functions and water quality. The result of study shows that rainwater abundance in study location is not optimally stored as ground water due to limited catchment area and storage capacity of aquifer media which are dominated by rock units with low to moderate gradation rates (80%). The hydrogeology of study site is also dominated by local low productivity aquifer areas (70%) which are indicated by shallow aquifer layers. Therefore, the existence of reservoirs or storage is very important. The calculations results in 2017 show that raw water production of PDAM Tirta Kepri is 3,521,855 m³/year. While the community needs on Bintan Island in the same year amounted to 7,957,803 m³/year. Quality aspect analysis shows that the quality of well is lightly polluted (WQI = 0.59), while surface water is moderately polluted (WQI = 1.01). The parameter that gives the difference from two sources is iron content. Gibbs diagram analysis results show the weathering process by rainwater which erodes the land surface of bauxite mine and dissolves iron and flows along with runoff and into reservoirs. The potential for high iron pollution will increase often as Bintan Island is designated as a Special Economic Zone. Industrial and service activities will trigger acid rain which will cause a decrease in the value of rain pH and the process of dissolving iron on rocks and soil surfaces will increase.

Keywords: *aquifer; Gibb's diagram; quality; quantity; reservoir*

Pendahuluan

Pengembangan wilayah menuntut penyediaan sarana dan prasarana yang mendukungnya dan salah satu di antaranya adalah air baku, baik air baku untuk air minum, pertanian (irigasi), perikanan, pariwisata, Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) atau kebutuhan lainnya. Berdasarkan hierarkinya, pemenuhan kebutuhan air baku untuk air minum lebih tinggi derajatnya, sehingga persyaratan kualitasnya pun lebih tinggi daripada persyaratan kualitas untuk kebutuhan lainnya, sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Atas dasar ini, studi ini difokuskan pada kelayakan air baku untuk memenuhi kebutuhan air minum. Terminologi air minum dalam penelitian ini adalah air bersih yaitu air baku untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga/mandi cuci kakus MCK) dan air minum melalui proses pengolahan (dimasak) terlebih dahulu. Persyaratan utama sumber air yang layak digunakan sebagai air baku meliputi tiga aspek yaitu kuantitas, kualitas, dan kontinuitas (Marganingrum, 2013).

Studi ini dilakukan di Pulau Bintan yang merupakan salah satu pulau terbesar di wilayah Provinsi Kepulauan Riau dengan luas daratan sebesar 4.303,3 km² (Sembiring, 2008). Kondisi sumber daya air di Pulau Bintan memiliki kerentanan. Faktor kerentanan tersebut dipengaruhi karena *catchment area* yang terbatas (faktor intrinsik) serta pengaruh perubahan iklim, intrusi air laut, ataupun karena pemanfaatan yang tidak terkendali (faktor ekstrinsik) (Marganingrum & Sudrajat, 2018; Masterson et al., 2013; Utomo, Marganingrum, Rusydi, Purwoarminta, & Ningrum, 2017). Selain kerentanan yang bersifat intrinsik maupun ekstrinsik, Pulau Bintan juga merupakan wilayah bekas tambang terbuka (*open mining*) bauksit yang sangat luas. Tambang terbuka berdampak pada lapisan tanah yang apabila tidak dilakukan konservasi dan remediasi akan berdampak terhadap kuantitas dan kualitas sumber daya air (Rusli & Fauzielly, 2016), baik air tanah maupun air permukaan, sementara lapisan pembawa air tanah (*aquifer*) di Pulau Bintan sangat terbatas. Ketersediaan air yang terbatas ini menjadi lebih krusial ketika Pulau Bintan ditetapkan sebagai salah satu kawasan *Free Trade Zone* (FTZ) bersama pulau Batam dan Karimun (Hardiansyah, 2016). Penetapan kawasan FTZ ini akan berimplikasi terhadap peningkatan kebutuhan air baku. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian terhadap kelayakan sumber

daya air di Pulau Bintan secara menyeluruh, baik kuantitas maupun kualitas, agar dapat melakukan upaya pengendalian dan mitigasi terhadap kondisi yang tidak diharapkan.

Santoso (2015) melakukan studi daya dukung sumber daya air di Pulau Bintan yang membandingkan antara kebutuhan dari semua sektor dan ketersediaannya. Hasil yang diperoleh adalah bahwa ketersediaan air di Pulau Bintan jauh lebih besar (2.431.819.623 m³/th) dari kebutuhannya (67.726.595 m³/th), dengan sektor perikanan adalah jenis kebutuhan yang terbesar. Namun penelitian Santoso (2015) tersebut belum memperhatikan aspek kualitasnya. Rusli & Fauzielly (2016) melakukan studi kualitas air di Pulau Bintan untuk mengetahui pengaruh bauksit terhadap air tanah yang dikaitkan dengan kajian batuan dan sedimennya. Namun studi ini hanya menggunakan tiga data (dua sumur uji dan satu lahan bekas tambang). Ketiga lokasi sampling berada di daerah pantai, sehingga akan sulit membedakan antara penurunan kualitas karena intrusi air laut atau karena faktor lainnya (seperti faktor geologi atau aktivitas manusia di darat). Penelitian sebelumnya mengkaji kualitas air di wilayah pesisir Pulau Bintan terhadap ekosistemnya (Budiyanto, Arbi, & Suratno, 2019; Meirinawati & Muchtar, 2017) dan juga kajian kualitas air di lahan bekas tambang (Apriadi & Ashari, 2018; Aryani & Apriadi, 2018; Putra et al., 2018; Rusli & Fauzielly, 2016). Namun penelitian tersebut belum mengkaji kualitas air secara menyeluruh di seluruh Pulau Bintan untuk mendapatkan potensi ketersediaan air baku (khususnya air baku untuk air minum atau sektor rumah tangga) yang berkelanjutan. Berbeda dari penelitian sebelumnya penelitian ini akan fokus pada kajian komprehensif terkait kelayakan sumber daya air di Pulau Bintan. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kelayakan air baku di Pulau Bintan pada aspek kuantitas dan kualitasnya. Aspek kuantitas penting mengingat Pulau Bintan merupakan pulau kecil dengan tingkat pertumbuhan ekonomi yang pesat sebagai kawasan FTZ, sedangkan kualitas sumber daya airnya sangat rentan, karena Pulau Bintan sebagai kawasan tambang, khususnya bauksit yang dapat mencemari sumber daya air yang memang sudah sangat terbatas. Oleh karena itu aspek kuantitas dan kualitas perlu dipertimbangkan secara terintegrasi agar sumber daya air di Pulau Bintan dapat berkelanjutan.

Metode Penelitian

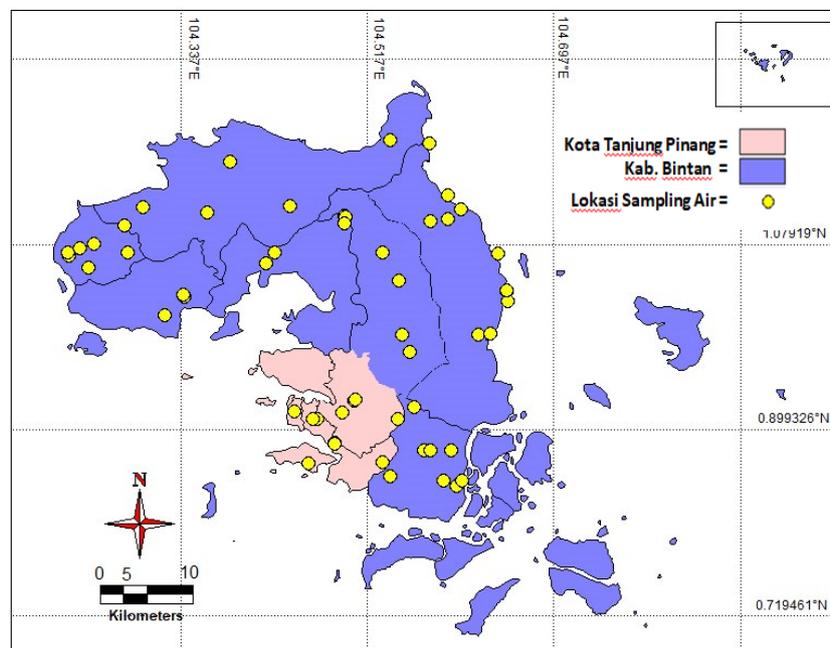
Kerangka Pikir

Ketersediaan air, khususnya di pulau kecil akan sangat tergantung pada air hujan dan kapasitas daerah tangkapan (*catchment area*). Oleh karena itu, mengetahui jumlah curah hujan dan kapasitas daerah tangkapan sangat penting untuk mengetahui potensi ketersediaan air baku dari aspek kuantitasnya. Selain menghitung dan menganalisis data curah hujan, perlu juga melakukan telaah aspek hidrogeologi bawah permukaan wilayah studi, sedangkan aspek kualitas ditentukan oleh dua faktor yaitu faktor alami atau karena aktivitas pencemaran dari berbagai sumber.

Material terlarut (*solutes*) dalam air secara alami menggambarkan hasil dari sejumlah proses pelarutan dan pengendapan karena aliran air hujan di suatu wilayah (Hem, 1989). Air tanah berasal dari air hujan yang setelah jatuh di permukaan tanah, mengalir di permukaan dan meresap ke dalam tanah kemudian terakumulasi dalam zona jenuh (air tanah). Dengan demikian, maka dapat dipahami bahwa kualitas unsur-unsur yang terkandung dalam air tanah di suatu wilayah dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan geologi daerah setempat yang dilalui air hujan menuju zona jenuh (air tanah). Untuk memahami kondisi hidrokimia air tanah di Pulau Bintan dilakukan telaah terhadap kondisi geologi dan analisa laboratorium terhadap sejumlah sampel air yang diambil di lapangan.

Metode Analisis

Tahapan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari tahapan pengumpulan data yang meliputi: (1) survei lapangan untuk memahami kondisi fisik wilayah studi; (2) pengumpulan data sekunder meliputi data geologi, data kependudukan (Badan Pusat Statistik/BPS), data pemantauan kualitas air (Dinas Lingkungan Hidup/DLH), dan data penyediaan air minum (PDAM Tirta Kepri); dan (3) pengumpulan data primer yang dilakukan dengan pengambilan contoh air sebanyak enam puluh tiga titik dengan rincian empat puluh delapan titik adalah air sumur gali, tiga belas titik adalah air permukaan, dan dua titik air hujan (Gambar 1). Tahapan ini dilakukan dengan cara pengamatan dan pengukuran parameter fisika-kimia air yang dibedakan atas: (a) pengukuran di lapangan (insitu) meliputi tinggi muka air, pH, temperatur, dan nilai DHL; dan (b) analisis laboratorium dengan menggunakan semua parameter acuan untuk air bersih di Laboratorium Kualitas Air Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung (ITB).



Gambar 1. Distribusi Lokasi Sampling Air di Lokasi Studi

Selanjutnya tahapan analisis dilakukan melalui uji hidrogeologi untuk mengetahui penyebaran akuifer serta kondisi bawah permukaan menggunakan metoda konfigurasi elektroda *Schlumberger*. Metode ini dipilih dengan alasan: (1) umum atau sering digunakan; (2) tidak terlalu sensitif terhadap adanya perubahan lateral (arus mempunyai jarak yang lebih besar dibandingkan dengan elektroda potensialnya); dan (3) waktu pengerjaannya tidak terlalu lama untuk wilayah yang cukup luas. Data yang diperoleh akan merefleksikan sifat fisis batuan bawah permukaan pada suatu kedalaman tertentu yang berasosiasi dengan jarak/konfigurasi elektrodanya. Data dari hasil pengukuran lapangan berupa besarnya arus dan beda potensial pada susunan elektroda dengan AB/2 dan MN/2 tertentu. Untuk konfigurasi elektroda *Schlumberger* tahanan jenis semua pa diperoleh dengan persamaan (1), sebagai berikut:

$$\rho_a = \frac{\pi (AB/2)^2 - (MN/2)^2}{2(MN/2)} \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Keterangan: ρ_a = tahanan jenis semu (ohm.meter); ΔV = beda potensial (mili Volt); I = kuat arus (mili Ampere); AM = jarak elektroda arus; dan MN = jarak elektroda potensial.

Satu titik mempunyai nilai ρ_a banyak tergantung jarak lintasan bentangannya. Setelah memperoleh nilai ρ_a kemudian dengan menggunakan software *IPI2win* dari *Moscow University*, data tersebut kemudian diolah untuk mendapat lapisan ρ_a . Setiap lapisan batuan atau tanah dengan material tertentu memiliki tahanan jenis yang berbeda (Tabel 1). Dari setiap titik VES kemudian digabungkan untuk memperoleh penampang bawah permukaan bumi. Pada studi ini, uji geolistrik di Pulau Bintang dilakukan pada empat lintasan.

Analisis selanjutnya yaitu analisis kualitas air yang dilakukan dengan menggunakan pendekatan metode *Water Quality Index* (WQI). Penelitian Marganingrum (2013) menunjukkan bahwa metode WQI lebih baik daripada metode Indeks Pencemaran (IP) yang tercantum dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003. Metode WQI adalah sebuah metode penilaian kualitas air dalam bentuk indeks yang mudah dan sederhana namun dapat memberikan informasi yang baik dalam mendeskripsikan kualitas air (Marganingrum, 2013; Ochir & Davaa, 2011). Metode WQI dirumuskan dengan persamaan (2), sebagai berikut.

$$WQI = \frac{\sum \frac{C_i}{PL_i}}{n} \quad (2)$$

Keterangan: WQI = indeks kualitas air (water quality index); C_i = konsentrasi variabel ke- i ; PL_i = standar baku yang diijinkan untuk variabel ke- i ; dan n = jumlah variabel.

Nilai WQI kemudian diklasifikasikan menggunakan kriteria yang ditampilkan pada Tabel 2 sesuai kelasnya agar dapat dilakukan pengendalian atau upaya pencegahan dan konservasi.

Tabel 1. Nilai Resistivity

Material	Resistivity (Ohm.m)
Batuan Beku dan Metamorfosa	
Granit	$5 \times 10^3 - 10^6$
Basalt	$10^3 - 10^6$
Batuan Sedimen	
Sandstone	$8 - 4 \times 10^3$
Shale	$20 - 2 \times 10^3$
batu gamping	$50 - 4 \times 10^3$
Soil dan air	
Lempung	$8 - 4 \times 10^3$
Alluvium	10-800
Groundwater	10-100
Sea Water	0,2

Sumber: Duvendack et al. 2011

Analisis selanjutnya yaitu analisis secara komprehensif dengan cara mengintegrasikan faktor kualitas air dengan faktor iklim (curah hujan), kondisi

geologi/tanah, data akuifer, dan jumlah kebutuhan air minum untuk memberikan rekomendasi upaya pengendalian di masa yang akan datang terkait dengan penetapan wilayah studi sebagai Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) dan *Free Trade Zone* (FTZ).

Tabel 2. Klasifikasi Kualitas Air Permukaan

Nilai WQI	Kualitas air		Rekomendasi
	Tingkat	Kelas	
$WQI \leq 0,30$	1	Sangat bersih	Tidak diperlukan pengolahan. Sesuai untuk berbagai macam penggunaan
$0,31 \leq WQI \leq 0,89$	2	Bersih	Untuk minum dan pertanian perlu pengolahan, untuk perikanan tanpa pengolahan
$0,90 \leq WQI \leq 2,49$	3	Tercemar ringan	Tidak sesuai untuk minum dan pertanian, jika tidak ada pilihan maka perlu dilakukan pengolahan untuk kedua kebutuhan tersebut.
$2,50 \leq WQI \leq 3,99$	4	Tercemar sedang	Tidak memerlukan pengolahan jika digunakan untuk peternakan, rekreasi, dan tujuan olah raga
$4,00 \leq WQI \leq 5,99$	5	Tercemar berat	Dapat digunakan untuk irigasi dan keperluan industri dengan pengolahan terlebih dahulu
$WQI \geq 6,00$	6	Kotor	Hanya dapat digunakan untuk kepentingan industri berat yang tanpa kontak badan setelah dilakukan pengolahan tertentu .
			Tidak sesuai untuk berbagai kebutuhan dan biaya pengolahan sangat ekstensif (mahal)

Sumber: *Ochir & Davaa, 2011*

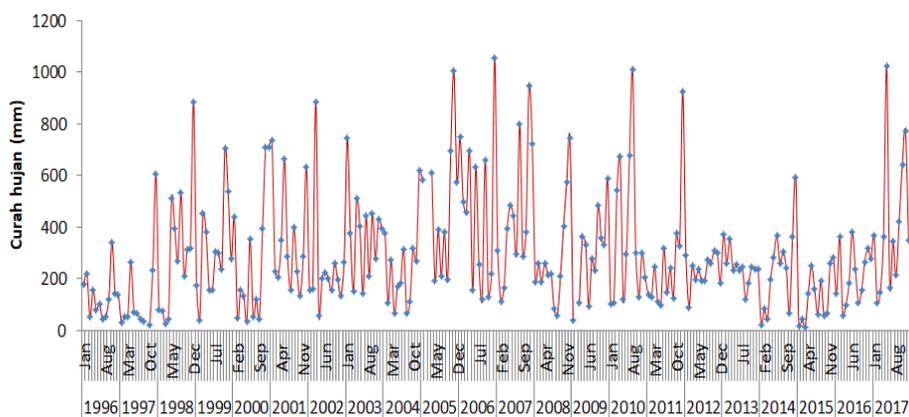
Hasil dan Pembahasan

Potensi ketersediaan air di Pulau Bintan tidak terlepas dari curah hujan yang turun sepanjang tahun di lokasi studi. Berdasarkan pola hujannya, Pulau Bintan adalah termasuk wilayah dengan tipe hujan equatorial (Tjasyono & Bannu, 2003; Trenberth, Caron, Stepaniak, & Worley, 2000), artinya dalam satu tahun terdapat dua kali puncak hujan. Berdasarkan hasil analisis data hujan tahun 1996 sampai den 2017, puncak hujan terdapat pada bulan April/Mei dan November/Desember dengan hujan tahunan rata-rata sebesar 3457 mm (Gambar 2). Analisis terhadap data hujan menjadi sangat penting dalam pengelolaan sumber daya air, khususnya di wilayah dengan daerah tangkapan yang sangat terbatas.

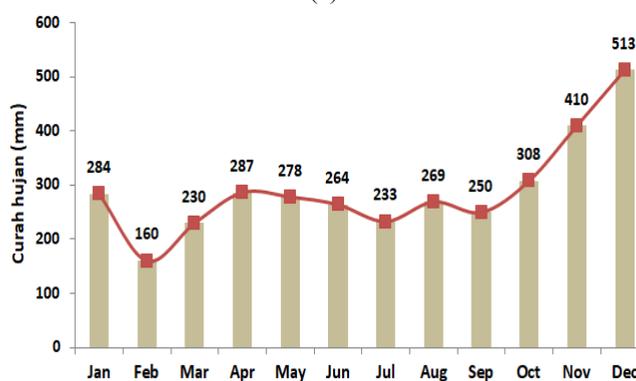
Curah hujan yang berlimpah di lokasi studi (Pulau Bintan) seharusnya diimbangi dengan kapasitas penyimpanan yang memadai (baik yang bersifat alami atau buatan), agar volume air hujan yang ditampung dapat digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan (Sallata, 2017; Silvia & Safriani, 2018). Secara alami, kondisi kapasitas penyimpanan Pulau Bintan terhadap hujan yang jatuh cukup rendah. Hal ini terkait dengan formasi geologi dan jenis tanah yang ada di lokasi studi (Setiady & Faturachman, 2004; Sukiyah, Isnaniawardhani, Sudradjat, & Erawan, 2018). Formasi geologi Pulau Bintan terdiri atas: (1) granit Tipe S berumur Trias yang berada setempat dibagian barat dan utara Pulau Bintan; (2) endapan aluvium yang terdiri dari lempung, pasir dan breksi pasir, umumnya menempati daerah sempit di dataran pantai dan muara sungai yang terletak di sisi barat bagian utara; (3) formasi Goungon yang berumur Tersier – Kuartar terdiri dari batu pasir tufan, batu lanau pasir, dan tuf dasitan melampar luas dibagian tengah; dan (4) satuan andesit porfir setempat di bagian timur.

Pulau Bintan juga didominasi oleh tanah dengan komposisi Hapludox dan Kandiuults dari pelapukan batuan granit seluas 77,8% dari luas total (Narulita,

Djuwansyah, Sumawijaya, Marganingrum, Ningrum, & Rahayu, 2018; Setiady & Faturachman, 2016). Sumber lain mengatakan bahwa Pulau Bintan memiliki jenis tanah organosol, clay humik, podsol, podsolik kuning, dan latosol (Irawan & Yudono, 2014; Sembiring, 2008). Jenis tanah di Pulau Bintan ini umumnya berwarna kuning kecoklatan hingga merah, memiliki penampang tanah yang dalam dengan kenaikan fraksi liat seiring peningkatan kedalaman, miskin organik dan unsur hara. Tanah jenis ini juga dicirikan dengan adanya akumulasi liat pada horizon bawah permukaan sehingga mengurangi daya resap air dan meningkatkan aliran permukaan serta erosi tanah (Prasetyo & Suriadikarta, 2006).



(a)



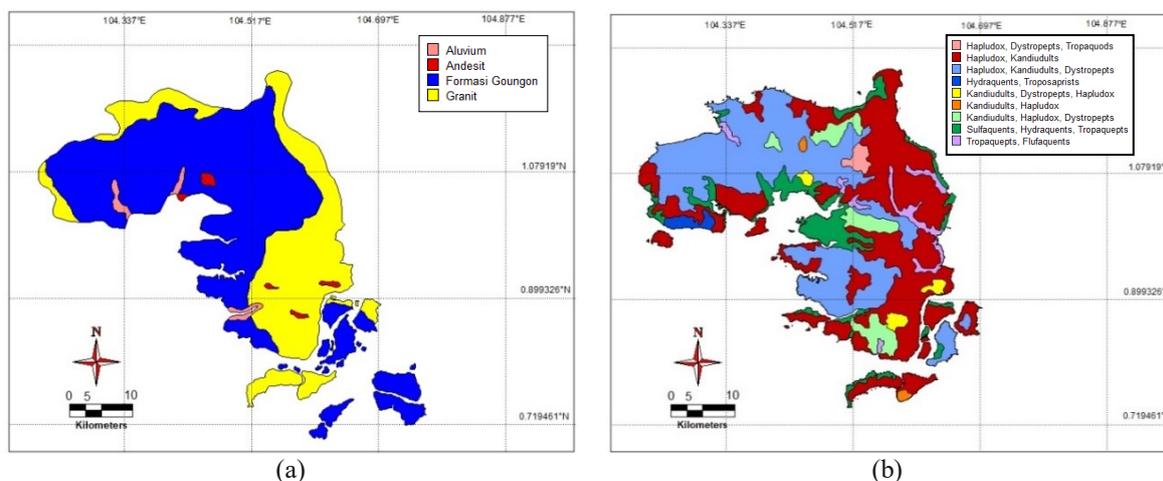
(b)

Gambar 2. Pola Hujan Equatorial di Pulau Bintan Berdasarkan (a) Hasil Perhitungan Data Hujan 1996-2017 dan (b) Berdasarkan Data per Bulan pada Tahun 2017

Tanah memiliki dua fungsi utama yaitu: (1) sebagai matrik tempat akar tumbuhan berjangkar dan air tanah tersimpan; (2) sebagai sumber unsur hara (Arsad, 2010). Formasi geologi dan jenis tanah seperti yang telah disebutkan menyebabkan lahan di Pulau Bintan memiliki kapasitas penyimpanan air tanah yang terbatas dan tidak dapat digunakan sebagai lahan basah untuk pertanian (sawah), meskipun curah hujan di wilayah ini mencukupi (Gambar 3).

Argumentasi mengenai akuifer penyimpanan air tanah yang terbatas di lokasi studi, diperkuat dengan melakukan uji geolistrik. Gambar 4 adalah empat lintasan uji geolistrik dan Gambar 5 adalah hasil interpretasi dari setiap lintasan. Pada umumnya Pulau Bintan didominasi Batulempung, serpih, batupasir lempungan, batupasir kwarsa dan konglomerat

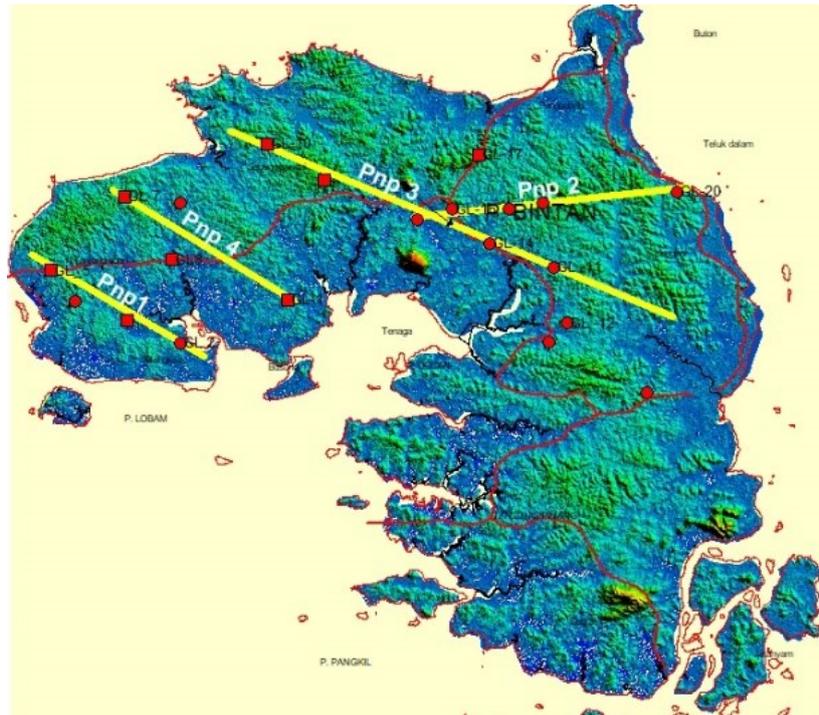
dengan tingkat kelulusan rendah sampai sedang (hampir 80%) dan lapisan pembawa air (*akuifer*) yang utama di daerah studi adalah pasir serta lapukan batuan.



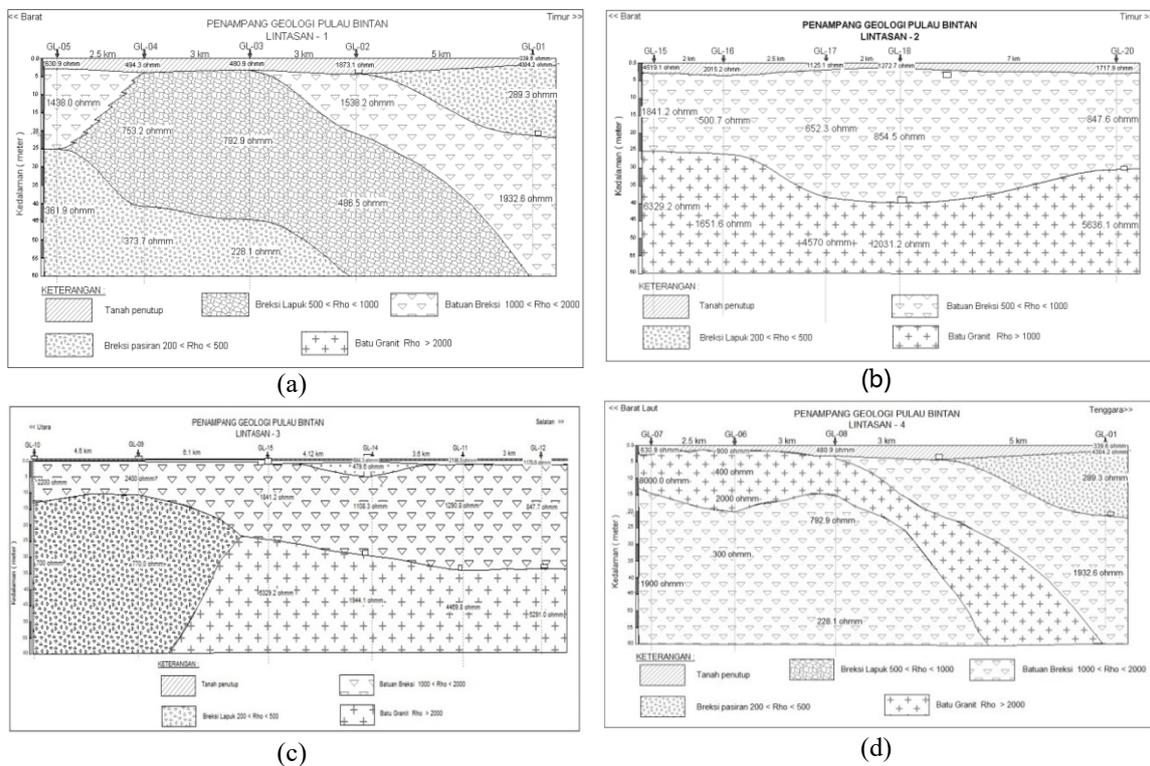
Gambar 3. (a) Formasi Geologi dan (b) Komposisi Tanah di Pulau Bintan

Berdasarkan peta hidrogeologi, Pulau Bintan memiliki tiga kondisi hidrogeologi, yaitu: (1) daerah air tanah langka; (2) daerah akuifer produktivitas rendah setempat berarti; dan (3) daerah akuifer setempat dengan produktivitas sedang. Daerah air tanah langka pada umumnya terdapat di tengah-tengah Pulau Bintan. Hal ini menjadi menarik karena granit yang timbul hanya di pesisir utara dan timur. Berdasarkan penampang geolistrik menunjukkan batuan granit berada di bawah batu lempung atau batu pasir. Daerah ini menjadi langka karena granit daerah tersebut lebih ke permukaan jika dibandingkan dengan daerah yang lainnya. Struktur yang terjadi di daerah tersebut hanya memperdalam lapisan air tanah sampai kedalaman sepuluh meter. Daerah Akuifer produktivitas rendah setempat berarti, daerah tersebut hampir mendominasi (70%) Pulau Bintan, hal ini menunjukkan di Pulau Bintan tidak mempunyai lapisan akuifer dalam, sehingga air tanah hanya berada pada lapisan yang tidak terlalu dalam (permukaan). Hal ini dapat ditunjukkan hampir di seluruh pulau ketersediaan air berada pada kedalaman enam sampai sepuluh meter. Daerah akuifer setempat dengan produktivitas sedang, daerah ini terdapat di daerah teluk, hal ini terjadi karena daerah tersebut merupakan daerah pengendapan aluvial (pasiran). Kedalaman air tanah di daerah tersebut dapat mencapai 35 sampai 40 meter.

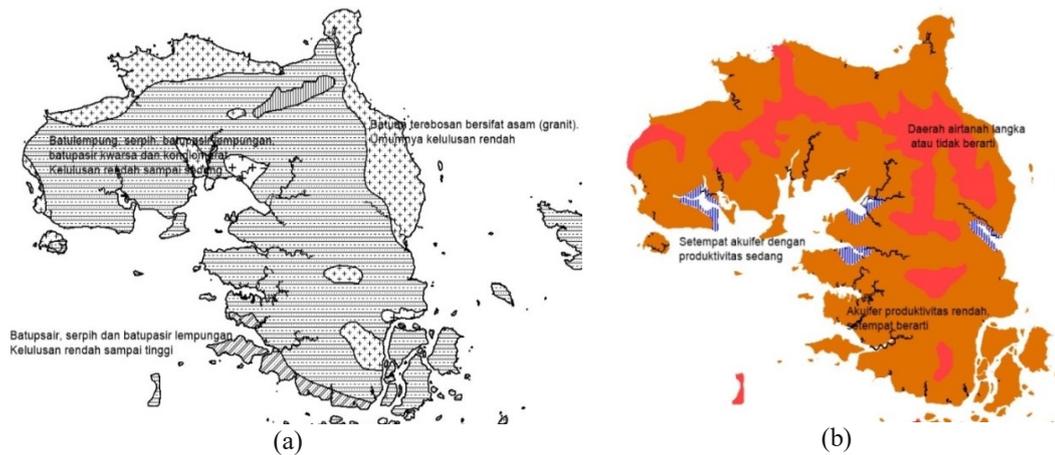
Berdasarkan hasil survei dan pengolahan data menggunakan tool MapInfo 9.1, elevasi dan distribusi tinggi muka air tanah di lokasi studi ditunjukkan pada Gambar 7. Menurut hasil penelitian Rusli & Fauzielly (2016), muka air tanah di Pulau Bintan hanya berkisar antara 0,4 sampai 7 m dibawah permukaan tanah. Hasil data survei yang dilakukan pada September tahun 2018 menunjukkan bahwa tinggi muka air tanah di lokasi studi berkisar antara 0,5 hingga 12,85 m dibawah permukaan tanah (rata-rata 5,3 m). Data survei diperoleh berdasarkan atas conto sumur di seluruh Pulau Bintan yang terdistribusi pada ketinggian (elevasi) 0 hingga 41 m dpl. Muka air tanah paling tinggi berada di sisi barat pulau dan paling rendah umumnya di pesisir pantai, yaitu di Kecamatan Teluk Sejong, Kecamatan Teluk Bintan, dan Gunung Kijang. Nilai survei pada studi ini berbeda dari data Rusli & Fauzielly (2016) disebabkan karena perbedaan musim ketika data diambil.



Gambar 4. Lintasan Geolistrik dengan Metode *Schlumberger*

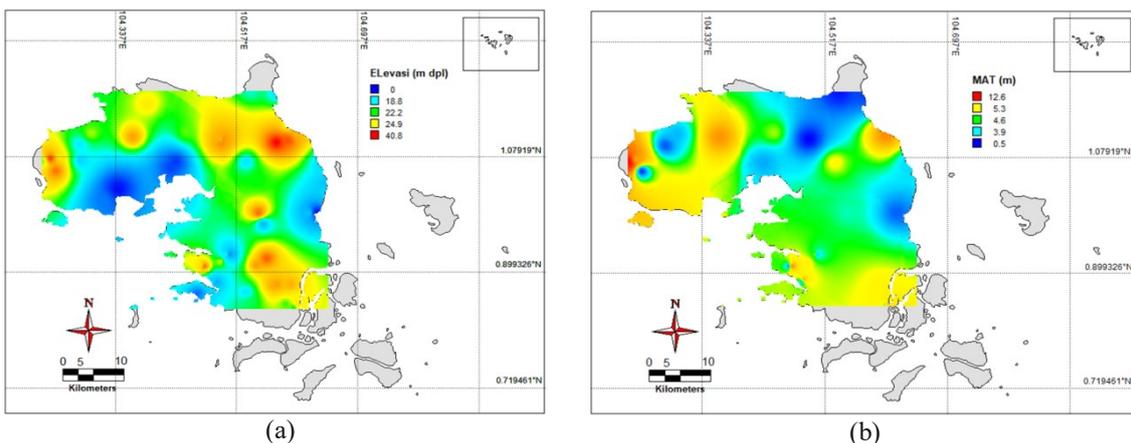


Gambar 5. Hasil Interpretasi Penampang Geologi Pulau Bintang dari empat Lintasan Uji Geolistrik: (a) Lintasan 1; (b) Lintasan 2; (c) Lintasan 3; dan (d) Lintasan 4



Sumber: Narulita et al., 2018

Gambar 6. Sketsa Gambar (a) Peta Geologi dan (b) Peta Geohidrologi Pulau Bintan

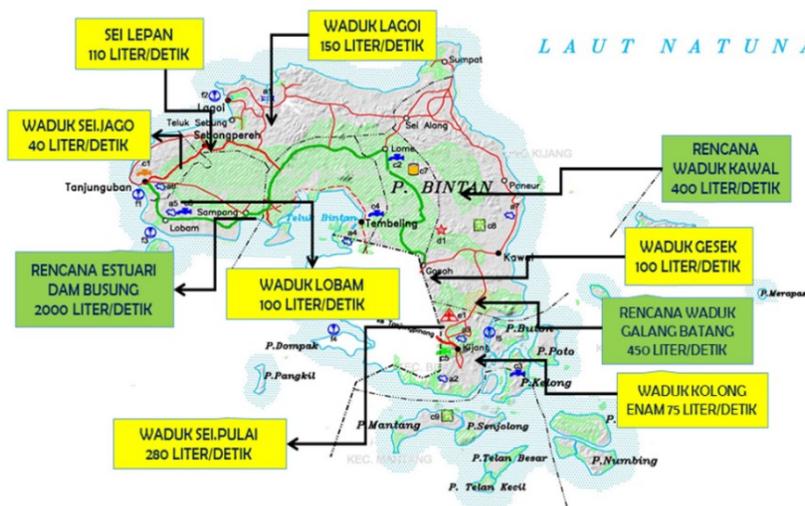


Gambar 7. (a) Elevasi Permukaan dan (b) Tinggi Muka Air Tanah (MAT) dari Hasil Olah Data Survei Lokasi Pengambilan Sampel Air

Oleh karena keterbatasan penyimpanan air tanah, maka usaha yang perlu dilakukan adalah membangun tanggungan buatan (waduk). Keterbatasan sumber air baku ini telah disadari oleh Pemerintah Daerah setempat melalui pembangunan waduk sumber air baku. Gambar 8 adalah sketsa lokasi waduk eksisting dan rencana pengembangannya. Terdapat tujuh waduk eksisting di Pulau Bintan, dengan empat di antaranya saat ini menjadi sumber air baku PDAM Tirta Kepri yaitu Sei Pulai, Waduk Gesek, Kolong 6 (bekas tambang) dan Sei Jago. Sedangkan rencana pengembangan waduk adalah Dam Busung, Waduk Kawal, dan Waduk Galang Batang. Dam Busung adalah rencana pengembangan waduk terbesar untuk mengantisipasi peningkatan kebutuhan air baku di masa mendatang.

Kapasitas produksi dari empat sumber air baku PDAM Tirta Kepri sebesar 7.286.291 m³/tahun dan 7.987.877 m³/tahun masing-masing di tahun 2016 dan tahun 2017. Namun produksi air baku baru tercapai 44% yaitu sebesar 3.201.596 m³/tahun dan 3.521.855 m³/tahun masing-masing pada tahun 2016 dan 2017. Cakupan pelayanan PDAM Tirta Kepri baru mencapai ±40%, sehingga masyarakat yang tidak terlayani oleh PDAM Tirta

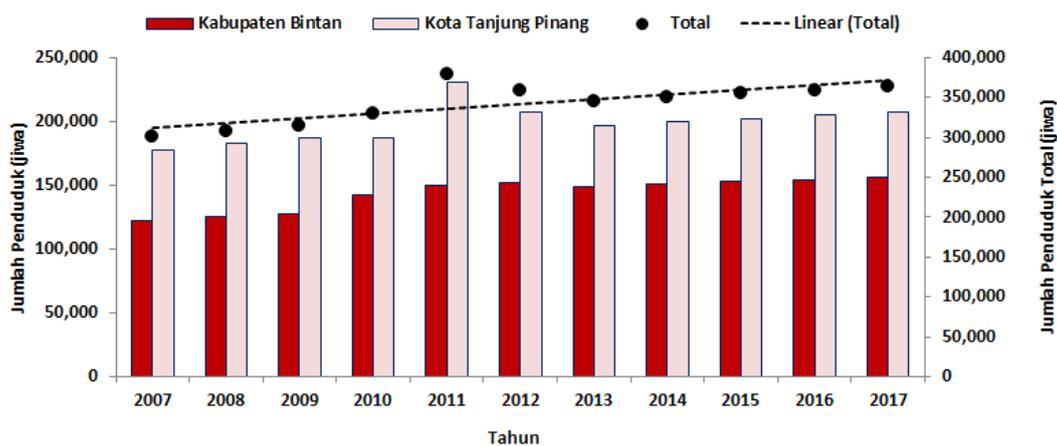
Kepri masih sangat bergantung pada ketersediaan air tanah untuk memenuhi kebutuhan rumah tangganya. Sementara kebutuhan di sektor rumah tangga akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk.



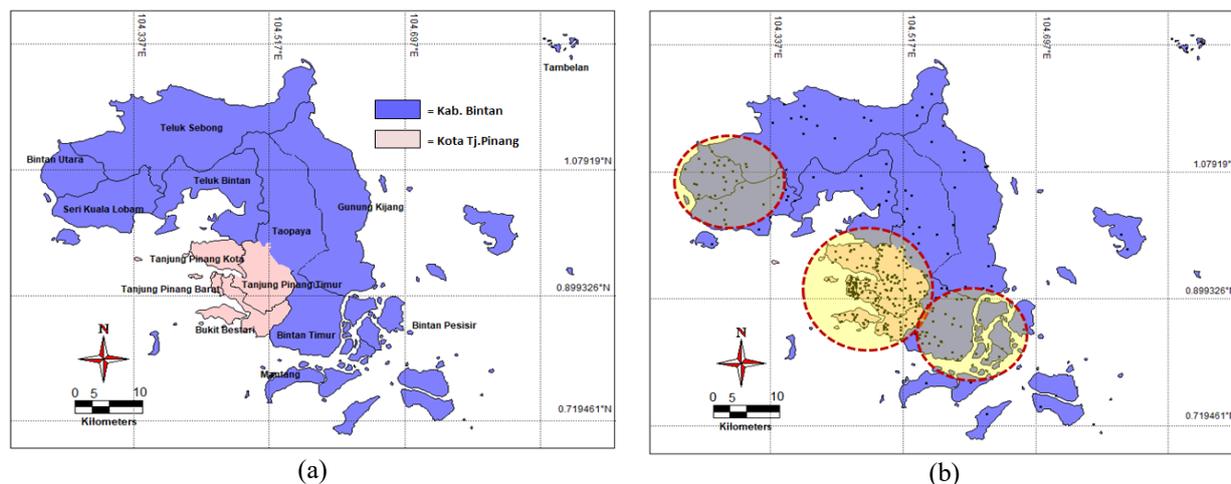
Sumber: Pemerintah Provinsi Kepulauan. Riau, 2018

Gambar 8. Lokasi Sumber Air Baku Pulau Bintan (Eksisting dan Rencana Pengembangan)

Gambar 9 menunjukkan peningkatan jumlah penduduk di Pulau Bintan dari tahun 2007 hingga tahun 2017. Pulau Bintan terdiri atas dua wilayah administratif yaitu Kota Tanjung Pinang dan Kabupaten Bintan. Kota Tanjung Pinang terdiri atas empat kecamatan dan Kabupaten Bintan terdiri atas sepuluh kecamatan. Berdasarkan data BPS (dapat dilihat pada Gambar 10) yang terbit tahun 2018, jumlah penduduk yang tinggal di Pulau Bintan pada akhir tahun 2017 sebanyak 363.370 jiwa dan terkonsentrasi di tiga wilayah, yaitu Kota Tanjung Pinang, Kecamatan Bintan Timur, dan Kecamatan Bintan Utara (Tanjung Uban).



Gambar 9. Pertumbuhan Penduduk di Pulau Bintan



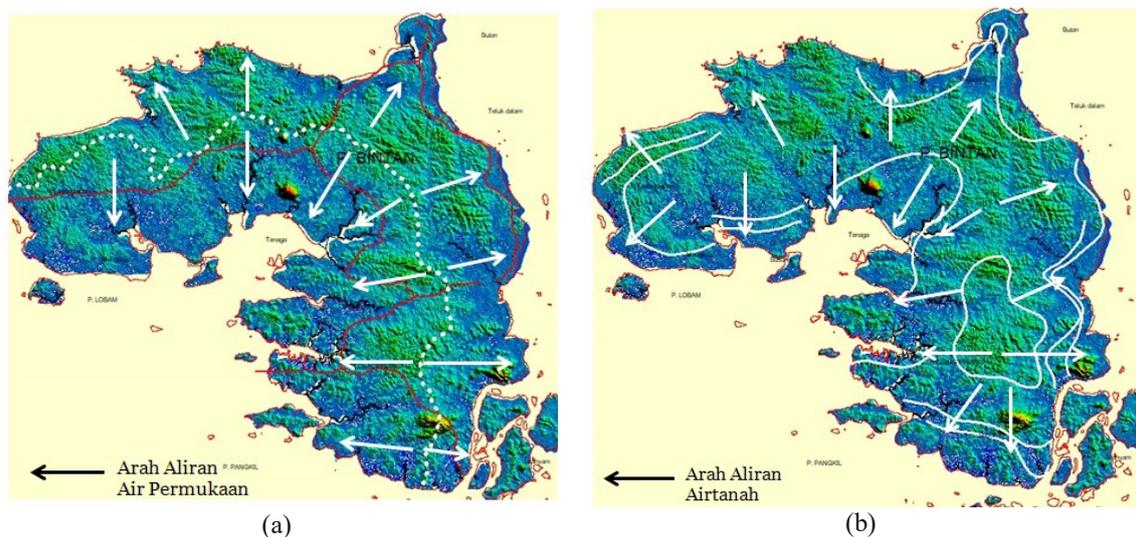
Gambar 10. (a) Peta Pulau Bintan dan (b) Sebaran Peduduk di Setiap Kecamatan yang Berada di Pulau Bintan tahun 2017 (Satu dot matrik di peta mewakili 1000 jiwa penduduk)

Dengan asumsi bahwa kebutuhan dasar perorang sebesar 60 L/orang/hari (Marganingrum et al., 2010), maka kebutuhan air baku air minum sebesar 7,869,086 m³/tahun dan 7,957,803 m³/tahun masing-masing untuk tahun 2016 dan 2017. Berdasarkan pendekatan jumlah penduduk ini, maka terjadi ketidakseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan air baku (supply < demand), khususnya untuk kebutuhan sektor rumah tangga yang dipenuhi dari PDAM Tirta Kepri. Oleh karena itu, Pemerintah Daerah mengembangkan pembangunan waduk yaitu waduk Lagoi, Sei Lapan, dan Waduk Lobam dengan kapasitas masing-masing 150 L/detik, 110 L/detik dan 100 L/detik. Namun ketiga waduk tersebut lebih diperuntukkan untuk memenuhi kebutuhan di lokasi wisata yaitu di Kawasan Lagoi. Selain sektor wisata, kebutuhan air baku untuk rumah tangga juga mengalami persaingan untuk pemenuhan air baku di sektor industri dan jasa. Peningkatan kebutuhan air baku untuk sektor industri dan jasa merupakan dampak dari ditetapkannya kawasan Bintan menjadi Kawasan Perdagangan Bebas dan Pelabuhan Bebas (*Free Trade Zone/FTZ*) untuk jangka waktu 70 (PP Nomor 37 Tahun 2007). Kawasan Bintan yang dimaksud meliputi Industri Galang Batang, Kawasan Industri Maritim, dan Pulau Lobam di Kabupaten Bintan serta Kawasan Industri Senggarang dan Kawasan Industri Dompok Darat di wilayah Kota Tanjung Pinang.

Namun demikian, kebutuhan air baku untuk rumah tangga adalah kebutuhan utama yang harus dipenuhi terlebih dahulu dari kebutuhan lainnya. Oleh karena itu, syarat kuantitas dan kualitasnya harus tetap dijaga secara berkelanjutan. Keberadaan waduk penampung air hujan sangat penting untuk menjaga keberlanjutan kuantitas sumber air baku bagi masyarakat di Pulau Bintan. Waduk sebagai bangunan pengumpul air hujan atau sungai merupakan bentuk adaptasi suatu wilayah terhadap *catchment area* yang terbatas serta lapisan akuifer yang dangkal. Namun penentuan lokasi waduk perlu dilakukan secara cermat supaya waduk tersebut dapat berfungsi efektif dan efisien.

Salah satu poin penting dalam penentuan lokasi waduk adalah memahami arah aliran, baik aliran air permukaan maupun air tanah. Gambar 11 adalah pola aliran air permukaan dan pola aliran air tanah. Baik aliran permukaan maupun aliran air tanah di lokasi studi memiliki pola aliran yang sama, yaitu dari garis tengah pulau ke arah luar pulau. Sebagaimana kita ketahui, Pulau Bintan termasuk kategori pulau kecil dan sungainya relatif pendek sehingga dalam waktu singkat air hujan akan sampai di waduk-waduk penampungan atau ke laut.

Berdasarkan pola aliran (Gambar 11) maka bisa dikatakan bahwa rencana pembangunan estuari DAM Busung sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 8, adalah tepat. Hampir 50% aliran air (baik air permukaan maupun air hujan) akan mengalir ke rencana lokasi sehingga diperkirakan dapat menampung sejumlah air dengan kapasitas yang besar yaitu 2000 L/detik. Namun demikian perlu diperhatikan adalah kualitasnya. Membuat air yang tadinya payau menjadi air tawar tidaklah mudah. Hal ini memerlukan teknologi dan biaya yang tidak sedikit.



Gambar 11. (a) Pola Aliran Air Permukaan dan (b) Aliran Air Tanah

Dalam penyediaan air baku, khususnya untuk air minum, aspek kualitas memiliki kedudukan yang sama penting dengan aspek kuantitas. Dua faktor utama yang berpengaruh terhadap status kualitas sumber daya air di suatu wilayah, yaitu faktor alami (kondisi fisik alami wilayah dan lingkungan yang terdapat sumber air) dan faktor buatan (pengaruh aktivitas manusia).

Karakteristik kualitas sumber daya air dapat dipahami dengan melakukan pengambilan sampel air di beberapa titik yang tersebar di seluruh Pulau Bintan. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 (lokasi pengambilan sampel air di Pulau Bintan), conto air terdiri atas sumur dan waduk/danau/tampungan air sebanyak 48 conto air. Sejumlah conto dianalisa sesuai standar air bersih karena menjadi sumber air utama bagi masyarakat Pulau Bintan (termasuk waduk yang menjadi sumber air baku PDAM Tirta Kepri). Sedangkan sisanya dianalisa insitu. Tabel 3 hingga Tabel 7 menyajikan data hasil analisis kualitas air sumur dan air permukaan conto air Pulau Bintan, baik in situ maupun pengukuran di laboratorium secara lengkap sesuai standar air bersih.

Berdasarkan hasil analisis in situ, semua conto air sumur (Tabel 3, Tabel 5) dan air permukaan (Tabel 4, Tabel 6, Tabel 7) menunjukkan kualitas yang baik, artinya dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air baku rumah tangga. Hanya beberapa titik sumur yang memiliki pH dibawah baku mutu yang dipersyaratkan ($\text{pH} < 6$), yaitu lokasi BP5A, BP15, BP16, BP20, BP22, BP35, BP39, dan BP40. Nilai pH yang rendah ada kaitannya dengan lokasi studi sebagai kawasan bekas tambang bauksit. Di kawasan bekas tambang akan terjadi penurunan pH tanah (Erfandi, 2017; Mensah, 2015). Tanah dengan pH rendah merupakan media kontak antara air hujan yang jatuh ke tanah dan air tanah (sumur). Dengan proses fisik kimawi (adveksi, dispersi dan retadasi) air hujan akan bereaksi dengan mineral-meneral di dalam tanah yang kemudian menyebabkan air sumur menjadi asam

(Notodarmojo, 2005). Nilai DHL dan salinitas juga masih berada pada batas-batas klasifikasi air tawar. Berdasarkan nilai DHL dan salinitasnya, menunjukkan bahwa air tanah (sumur) di Pulau Bintan masih aman terhadap pengaruh intrusi air laut. Demikian halnya dengan air permukaan, parameter kualitas air hasil pemeriksaan insitu menunjukkan bahwa kualitas air permukaan di Pulau Bintan masih layak digunakan sebagai air baku air minum.

Tabel 3. Hasil Analisis Kualitas Air In Situ Untuk Contoh Air Sumur

No	Kode	Lokasi	ELEVASI	MAT	pH	DHL	Salinitas	T (°C)	Bau
1	BP1	Jl Sudimulyo dekat Perumahan Imigrasi	34.05	8.75	6.65	104	0.00	27.8	Tidak berbau
2	BP2	Kostan Bu Arbaiyah Jl, Batu Kucing No 1	25.82	2.35	7.11	220	0.00	27.2	
3	BP3	Komplek TNI AL Jl Pattimura	25.30	4.70	6.11	173	0.00	28.1	Tidak berbau
4	BP4	Jl, DI Panjaitan Tukang Las	24.75	5.65	6.80	40	0.00	27.8	Tidak berbau
5	BP5	Perumahan Galang Permai	23.85	7.45	6.20	81	0.00	27.9	Tidak berbau
6	BP5A	Warung penjual air di Galang Permai	8.80	3.95					
7	BP5B	Rumah di dekat BP5A	9.80	2.55	5.72	53	0.00	28.0	
8	BP6	Batu Lapan Jl Cendrawasih	18.80	2.20	6.70	136	0.00	27.6	Tidak berbau
9	BP6A	Jl, Cendrawasih, Wonoyoso, Batu IX	17.15	8.25	7.28	243	0.00	27.5	
10	BP13	Wihara Darma Santi Tj Uban	24.00	12.10	6.55	57	0.00	31.4	Tidak berbau
11	BP14	Jl, Indungsari, Tj Uban Timur	33.60	1.15	6.20	18	0.00	28.0	Tidak berbau
12	BP15	Kebun Karet Teluk Kebung	17.50	1.70	5.86	18	0.00	26.8	Tidak berbau
13	BP16	Warung di tempat ngukur air hujan	24.00	3.00	5.98	39	0.00	26.7	Tidak berbau
14	BP18	Kimia Farma Kijang	26.25	4.15	6.76	188	0.00	29.2	Tidak berbau
15	BP19	Rumah Pensiunan Antam Kijang	26.20	7.35	6.77	131	0.00	28.6	Tidak berbau
16	BP20	Sumur deBintan Villa	4.00	2.80	5.25	126	0.00	25.6	Tidak berbau
17	BP21	Mesjid Nurul Huda Kangboi, Toapaya Utara	16.95	5.45	6.76	32	0.00	26.5	Tidak berbau
18	BP22	Kp, Like Km 47, Teluk Bintan	26.90	0.50	5.54	15	0.00	26.0	
19	BP22A	Sumur Kering dekat BP22	33.60	8.35					
20	BP23	Mesjid Nurul Huda Kangboi, Toapaya Utara	16.95	5.45	6.39	24	0.00	26.5	
21	BP24	Ds, Toapaya, Kec, Toapaya	33.90	4.10	6.52	20	0.00	26.8	
22	BP25	Kawal, Gn Kijang	14.60	1.80	6.94	151	0.00	26.8	
23	BP26	Kp, Mengkurus, Ds, Teluk Bakau, Gn, Kijang	15.65	3.40	8.02	491	0.02	29.1	
24	BP27	Kp, Kampe, Ds, Mangrapat, Kec, Gn, Kijang	17.30	1.35	8.12	759	0.03	28.6	
25	BP28	Ds, Pengudang, Teluk Sebong	19.40	0.75	7.38	63	0.00	27.8	
26	BP29	Ds, Sri Bintan, Kec, Teluk Sebong	24.96	8.29	7.93	68	0.00	26.6	
27	BP29A	Warung dekat BP 29	21.40	1.78	6.38	31	0.00	27.3	
28	BP30	Simpang Lagoi, Teluk Sebong	30.55	8.30	6.63	68	0.00	27.1	
29	BP34	Ds, Malang Rapat, Gn, Kijang	29.50	8.50	7.43	74	0.00	27.6	
30	BP35	BP Kijang, Jl Nusantara Km 23 Kijang	29.85	5.55	5.64	18	0.00	26.6	
31	BP36	BP Kuala Simpang, Kuala Simpang			7.05	22	0.00	30.3	
32	BP38	Yayasan Towdah	20.30	12.85					
33	BP39	BP Wiyono, Jl Permaisuri, Tj Uban	26.25	12.65	5.94	69	0.00	29.4	
34	BP40	BP I 2, Bpk Suwardi Perum Bintan Indah 2	36.45	7.80	5.74	111	0.00	30.0	
35	BP42	BP Hansong	21.00						
36	BP43	BP Kab Bintan	32.00						
37	BP44	BP Kangkung	17.00						
38	BP45	BP Karet Luas	22.00						
39	BP46	BP Kuala Simpang2	2.00						
40	BP47	BP Museum Bahari	16.00						
41	BP48	BP Sei Jeram	16.00						
42	BP49	BP Tambak Jembatan Uban	5.00						
43	BP50	BP Kampung Nelayan	2.00						
44	BP51	BP Sawit	36.00						
45	BP52	BP Sawit2	41.00						
46	BP54	BP Trikora	25.00						
47	BP55	AMDK Bestari	30.00						
48	BP56	AMDK Sanford	31.00						
BAKU MUTU PP 82/2001 untuk Kelas I					6 - 9		Deviasi 3 (°C)		

Keterangan: #Tabel kosong = tidak dilakukan pengukuran

Namun berdasarkan hasil analisis laboratorium, ada tiga parameter yang melebihi baku mutu, yaitu besi dan COD, baik untuk air sumur maupun air permukaan (Tabel 4 dan Tabel 5). Air adalah zat pelarut universal sehingga kualitas air akan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di sekitarnya, termasuk faktor geologi. Lamanya waktu kontak antara batuan dengan air juga mempengaruhi kandungan unsur-unsur dalam air. Makin lama air kontak dengan batuan, maka makin banyak peluang terjadinya pelarutan garam-garam dan mineral yang ada dalam batuan. Kondisi ini sulit terjadi di Pulau Bintan mengingat

catchment area yang terbatas dan sungainya pendek. Oleh karena itu, secara umum (kecuali kandungan besi) kandungan unsur-unsur dalam conto air yang dianalisa relatif kecil.

Tabel 4. Hasil Analisis Kualitas Air In Situ Untuk Conto Air Permukaan/Waduk/Embung/Danau

No	Kode	Lokasi	ELEVAS I	pH	DHL	Salinitas	T (°C)	Bau
1	BP6B	Air Permukaan dekat BP6	7.00	7.66	213	1.28	31.2	
2	BP7	Intake Waduk Sei Pulai	31.00	7.58	12	0.00	29.0	Tidak berbau
3	BP8	Tali Air Waduk Sei Pulai	35.00	6.95	18	0.00	27.5	Tidak berbau
4	BP9	Waduk Gesek	14.00	6.40	19	0.00	26.2	Tidak berbau
5	BP10	Embung Dompok	8.25	7.51	40	0.00	28.7	Tidak berbau
6	BP11	Waduk Kolong 6	22.70	8.40	23	0.00	29.8	Tidak berbau
7	BP12	Waduk Sei Jago	26.00	8.05	13	0.00	30.9	Tidak berbau
8	BP17	Danau Depan Masjid Kijang	22.00	7.03	62	0.00	29.2	Tidak berbau
9	BP31	Waduk Lagoi	26.00	7.25	9	0.00	30.1	
10	BP32	Danau Bekas Tambang Toren Sembunyi, Teluk Bakau, Gn, Kijang	17.00	7.39	53	0.00	30.8	
11	BP33	Danau Hijau Anak Berenang, Teluk Bakau, Gn, Kijang	16.00	6.33	28	0.00	30.7	
12	BP37	Danau Biru	9.00	6.22	14	0.00	29.8	
13	BP53	BP Torn Sembunyi	10.00					
BAKU MUTU PP 82/2001 untuk Kelas I				6 - 9	-	-		

Tingginya kandungan besi dalam air sangat logis karena sebagian besar mineral yang ditemukan dalam tanah dan batuan di Pulau Bintan mengandung unsur besi, yaitu mineral – mineral magnetit (Fe_3O_4), hematit (Fe_2O_3), kasiterit (SnO_2) plagioklas, feldspar, biotit ($K(Mg,Fe)_3 AlSi_3O_{10} (FeOH)_2$) yang merupakan hasil pelapukan dari batuan andesit dan granit penyusun litologi utama di Pulau Bintan. Hal ini diperkuat dengan analisis menggunakan diagram Gibb's (Ravikumar, Somashekar, & Prakash, 2015). Dari diagram Gibb's (Gambar 12) diketahui bahwa kualitas air (baik air sumur maupun air permukaan) lebih dikendalikan oleh proses pelapukan batuan yang ada di lokasi studi. Untuk air permukaan, terlihat juga adanya pengaruh dari air hujan atau atmosferik (Gambar 12.b).

Salah satu parameter yang berpengaruh dalam proses pelarutan batuan adalah tingkat keasaman (pH) air. Meskipun ada 8 titik air sumur dengan $pH < 6$, namun secara umum dapat dikatakan bahwa pH conto air yang diambil memiliki nilai pH sesuai baku mutu (6 – 9). Hasil survei dan analisis conto air hujan di Pulau Bintan ditunjukkan pada Tabel 7. Nilai pH air sumur maupun air permukaan dapat berhubungan langsung dengan pH air hujan (Tabel 8) melalui proses infiltrasi dan perkolasi serta reaksi fisik, kimiawi, dan biologis yang terjadi ketika air hujan mengalir melalui pori-pori tanah dan celah batuan menuju zona air tanah atau mengalir sebagai limpasan air permukaan.

Analisis kualitas air sumur dan air permukaan menggunakan metode WQI ditampilkan pada Gambar 13. Secara umum air sumur di lokasi studi adalah tercemar ringan ($WQI = 0,59$), sedangkan air permukaan tercemar sedang ($WQI = 1,01$). Sesuai dengan standar baku mutu yang digunakan, yaitu PP Nomor 82 Tahun 2001, parameter yang digunakan dalam perhitungan WQI ditunjukkan pada diagram radar (Gambar 14).

Tabel 5. Hasil Analisis Kualitas Air Lengkap untuk Contoh Air Sumur

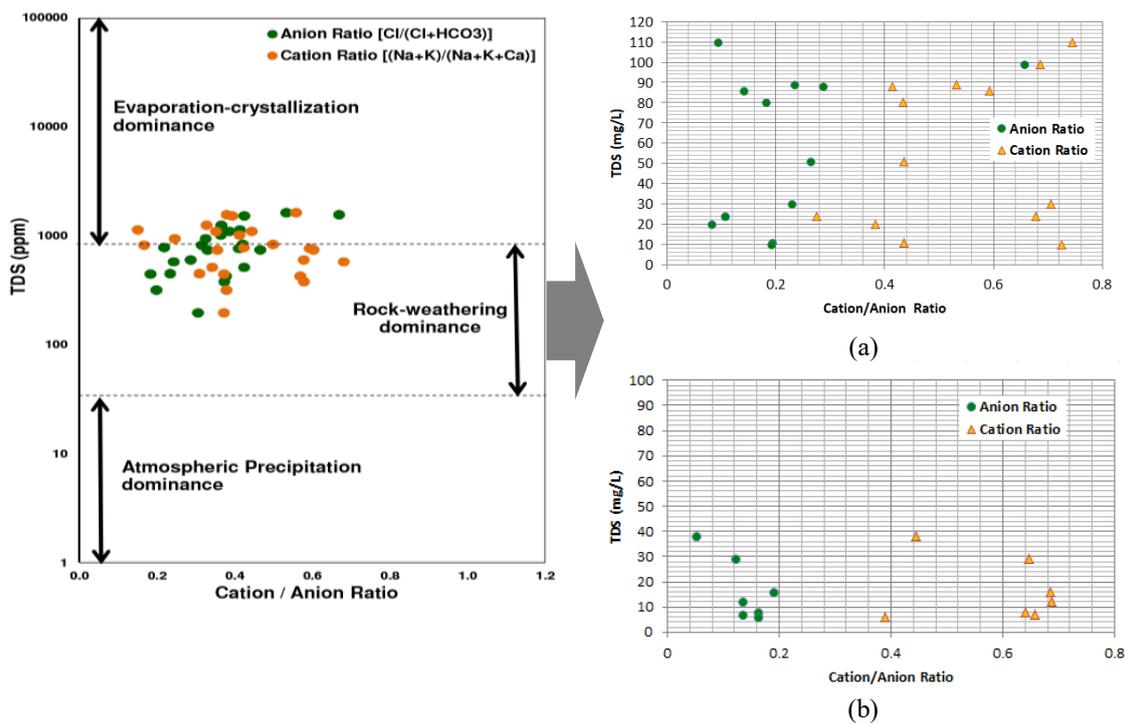
No Kode	Lokasi	TDS	Krh	Fe	F	CaCO ₃	Ca	HCO ₃	Mg	Cl	Mn	Na	K	NO ₃	NO ₂	SO ₄	MBAS	Zat Org- KMNO ₄	Sisa Klor	Sn	Al	SiO ₂	COD	
1	BP1 JI Sudimulyo dekat Perumahan Imigrasi	80	4.6	0.8	0.2	25	9.2	9.9	0.4	5.3	<0.05	11.0	0.72	0.84	<0.004	8.6	0.053	0.6	<0.10	<0.001	0.2	8	15.2	
2	BP3 Komplek TNI AL JI Pattimura	88	0.2	0.1	0.2	43	16.8	9.9	0.8	9.5	<0.05	14.1	3.89	0.79	<0.004	19.8	<0.01	0.9	<0.10	<0.001	0.2	8	10.1	
3	BP4 JI DI Panjaitan Tukang Las	24	0.2	0.4	0.2	15	5.6	7.4	0.3	2.1	<0.05	2.9	0.45	0.23	<0.004	<1	<0.01	0.6	<0.10	<0.001	0.6	12	10.1	
4	BP5 Perumahan Galang Permai	51	0.5	0.5	0.2	17	6.4	8.7	0.3	7.4	<0.05	7.5	0.65	0.27	<0.004	<1	<0.01	4.4	<0.10	<0.001	0.3	8	10.1	
5	BP6 Batu Lapan JI Cendrawasih	99	0.1	0.4	0.2	19	6.0	3.7	1.0	16.8	<0.05	18.3	2.65	0.28	<0.004	9.9	0.031	2.1	<0.10	<0.001	0.1	7	10.1	
6	BP13 Wihara Darma Santi Tj Uban	30	0.3	0.2	0.2	7	2.4	7.4	0.2	5.3	<0.05	9.4	0.36	0.30	<0.004	<1	<0.01	1.2	<0.10	<0.001	0.1	240	10.1	
7	BP14 JI Indungsari, Tj Uban Timur	11	2.6	1.6	0.2	6	2.0	3.7	0.2	2.1	<0.02	2.6	0.05	0.06	<0.004	<1	<0.01	0.1	<0.10	<0.001	0.4	2	15.2	
8	BP15 Kebun Karet Teluk Kebung	10	0.8	1.1	0.3	5	1.2	3.7	0.4	2.1	<0.05	5.3	0.12	0.03	<0.004	<1	<0.01	0.6	<0.1	<0.001	0.3	<1	15.2	
9	BP16 Warung di tempat ngukur air hujan	24	0.1	0.8	0.2	7	2.4	7.4	0.2	2.1	<0.05	7.7	0.63	0.29	<0.004	<1	<0.01	0.9	<0.1	<0.001	<0.002	1	10.1	
10	BP18 Kimia Fama Kijang	110	0.1	1.6	0.2	52	4.4	17.3	9.9	4.2	<0.05	15.8	3.79	0.27	<0.004	15.8	<0.01	4.1	<0.1	<0.001	0.1	3	10.1	
11	BP19 Rumah Pensiunan Antam Kijang	89	1.3	0.8	0.2	29	8.8	8.7	1.6	6.3	<0.05	9.4	4.69	0.21	<0.004	14.3	<0.01	1.5	<0.1	<0.001	<0.001	2	10.1	
12	BP20 Sumur deBintan Villa	86	0.1	0.5	0.3	21	5.6	14.9	1.7	5.8	<0.05	10.2	2.37	0.26	<0.004	4.3	<0.001	2.1	<0.1	<0.001	1.0	5	10.1	
13	BP21 Mesjid Nurul Huda Kangboi, Toapaya	20	0.5	1.0	0.3	11	4.0	7.4	0.3	1.6	<0.05	4.3	0.02	0.02	<0.004	<1	<0.01	0.3	<0.1	<0.001	0.5	2	10	
Baku Mutu PP 82/2001 KLS I		1000	0.3	0.5		600	1	10	0.06	400	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	10
Satuan		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L

Tabel 6. Hasil Analisis Kualitas Air Lengkap Nonlogam Berat untuk Contoh Air Permukaan/Waduk/ Embung/ Danau

Kode	Lokasi	TDS	Krh	Fe	F	CaCO3	Ca	HCO3	Mg	Cl-	Mn	Na	K	NO3	NO2	SO4	MBAS	Zat Org KMNO4	Sisa Klor	SiO2	COD
1 BP7	Intake Waduk Sei Pulai	7	1.72	0.69	0.20	5.71	1.2	0.68	2.1	<0.05	3.58	0.254	0.14	0.006	<1	0.012	4.97	<0.10	6.2	10.1	
2 BP8	Tali Air Waduk Sei Pulai	12	5.1	2.7	0.23	5.71	1.2	2.5	0.66	2.1	<0.05	3.78	0.474	0.052	<0.004	<1	0.023	2.05	<0.10	4.7	20.2
3 BP9	Waduk Gesek	8	19.2	2.72	0.20	5.71	1.6	0.45	2.63	<0.05	3.98	0.579	0.209	0.005	1.32	<0.01	5.85	<0.10	2.6	20.2	
4 BP10	Embung Dompok	29	2.85	1.26	0.20	9.52	2.2	0.37	3.15	<0.05	6.36	0.406	0.391	0.009	5.96	<0.01	2.34	<0.10	<1	20.2	
5 BP11	Waduk Kolong 6	16	5.38	2.54	0.22	4.76	1.6	0.18	2.63	<0.05	5.39	0.388	0.13	<0.004	<1	<0.01	5.83	<0.10	3.4	20.2	
6 BP12	Waduk Sei Jago	6	5.14	3.15	0.24	5.71	1.6	0.41	2.63	<0.05	1.27	0.301	0.172	0.004	<1	<0.01	10.2	<0.10	2.2	25.3	
7 BP17	Danau Depan Masjid Kijang	38	4.06	2.99	0.18	20.9	8	9.29	0.23	2.63	<0.05	9.23	1.119	<0.05	<0.004	8.18	<0.01	5.56	<0.10	2.6	15.2
Baku Mutu PP 82/2001 KLS I		1000	-	0.3	0.5	-	-	-	600	1	-	-	10	0.06	400	200	-	-	1	-	10
Satuan		mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L														

Tabel 7. Hasil Analisis Logam Berat Untuk Contoh Air Permukaan/Waduk/Embung/Danau

No	Kode	Lokasi	Hg	As	Cd	Cr	Se	Zn	Pb	Sn	Al
1	BP7	Intake Waduk Sei Pulau	<0.05	-	<0.001	<0.001	<0.001	0.0031	<0.001	<0.001	<0.001
2	BP8	Tali Air Waduk Sei Pulau								<0.001	0.143
3	BP9	Waduk Gesek	<0.05	-	<0.001	<0.001	<0.001	<0.0001	<0.001	<0.001	0.449
4	BP10	Embung Dompok	<0.05	-	<0.001	<0.001	<0.001	0.0384	<0.001	<0.001	<0.001
5	BP11	Waduk Kolong 6	<0.05	-	<0.001	<0.001	<0.001	0.0111	<0.001	<0.001	0.293
6	BP12	Waduk Sei Jago	<0.05	-	<0.001	<0.001	<0.001	<0.0001	<0.001	<0.001	0.53
7	BP17	Danau Depan Masjid Kijang								<0.001	0.612
Baku Mutu PP 82/2001 KLS I			0.001	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.03	0.01	-
(Satuan)			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L

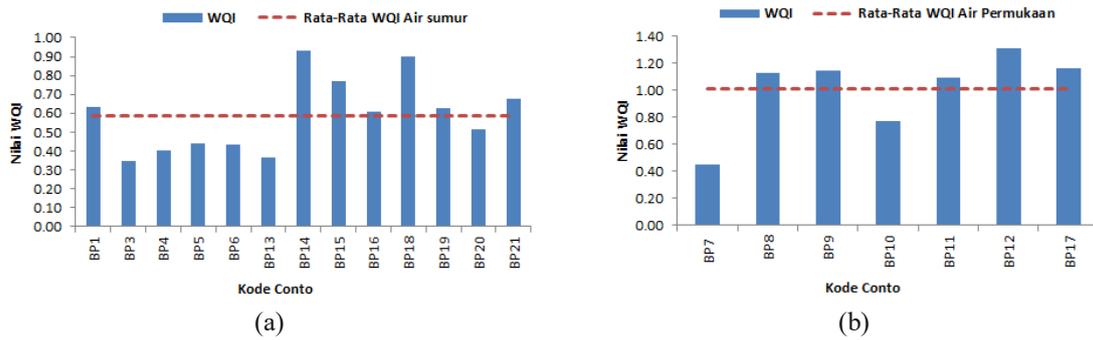


Gambar 12. Contoh Air Pulau Bintan Berdasarkan Analisis Diagram Gibb's: (a) Air Sumur dan (b) Air Permukaan

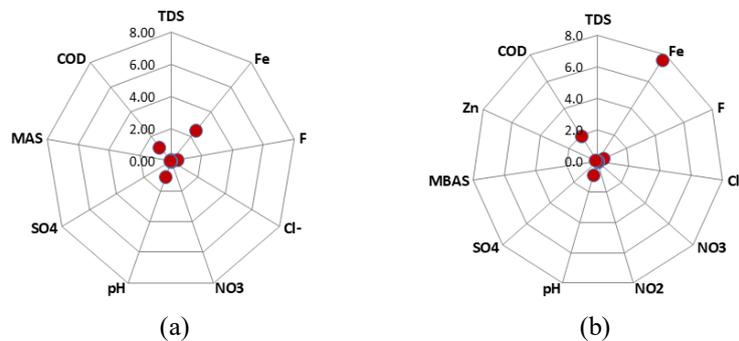
Parameter besi yang memberikan nilai perbedaan signifikan antara air sumur dan air permukaan. Kandungan besi di air permukaan lebih tinggi daripada di air sumur. Hal ini terkait dengan curah hujan yang tinggi mengikis permukaan tanah yang mengandung besi dan membawanya ke storage-storage (tampungan atau waduk) melalui proses aliran permukaan (*direct runoff*). Ini diperkuat dengan hasil analisis Diagram Gibb's bahwa terdapat pengaruh atmosferik terhadap kelarutan anion dan kation pada air permukaan.

Tabel 8. Hasil Analisis In Situ Contoh Air Hujan di Lokasi Studi pada Dua Titik

Kode	Lokasi	pH	DHL	Salinitas	T
BP16A	Air Hujan dekat warung BP16A	7.33	25	0.00	25.8
BP41	Air Hujan Villa deBintan	6.94	32	0.00	23.8



Gambar 13. Hasil Analisis Nilai Water Quality Index (WQI) Conto (a) Air Sumur dan (b) Air Permukaan Pulau Bintan



Gambar 14. Diagram Radar Nilai WQI Berdasarkan Parameter (a) Air Sumur dan (b) Air Permukaan

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari survei lapangan dan diskusi dengan pemangku kepentingan setempat, Pulau Bintan akan dijadikan sebagai salah satu Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) selain Batam dan Karimun. Salah satu persyaratan pembentukan KEK adalah kawasan tersebut harus terkait dengan kawasan pengembangan lainnya yang ditunjukkan oleh tersedianya dukungan infrastruktur dan fasilitas pendukung. Salah satu fasilitas pendukung adalah pasokan air minum sebesar 1 liter/detik/hektar (Adisasmita, 2013).

Penetapan Kawasan Bintan sebagai KEK juga memberikan dampak terhadap perkembangan kota di lokasi studi yang akan berkontribusi terhadap penurunan pH hujan melalui emisi udara dari kegiatan industri dan jasa serta transportasi. Hujan dengan keasaman tinggi akan berpengaruh langsung terhadap pelapukan batuan dan lebih lanjut akan meningkatkan kadar besi terlarut dalam air, baik air tanah maupun air permukaan. Meskipun dalam kadar tertentu tidak bersifat toksik bagi kesehatan manusia, namun kandungan besi yang tinggi akan menyebabkan air berwarna merah, membuat peralatan berkarat, serta menghambat fiksasi unsur lainnya (Effendi, 2003).

Kesimpulan

Berdasarkan pertimbangan aspek kuantitas dan kualitasnya, sumber air baku di Pulau Bintan belum mampu memenuhi kebutuhan yang terus meningkat. Hal ini disebabkan karena secara fisik alaminya Pulau Bintan memiliki keterbatasan. Keterbatasan tersebut

dikaitkan dengan faktor kondisi geologi dan tanah di lokasi penelitian yang tidak dapat menyerap dan menyimpan air hujan secara maksimal, meskipun curah hujannya cukup tinggi. Keterbatasan dari aspek kuantitas menjadi lebih buruk dengan penurunan kualitas air karena media tanah di lokasi penelitian mengandung mineral besi yang cukup tinggi.

Hasil penelitian ini dapat memberikan landasan khususnya dalam pengambilan kebijakan pengelolaan sumber daya air di lokasi penelitian serta penerapan teknologi yang tepat guna untuk menjamin keberlanjutan sumber daya air di lokasi penelitian. Teknologi penangkapan air hujan serta penurunan kadar besi dapat digunakan sebagai rekomendasi untuk penyediaan kebutuhan air bersih.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Coremap CTI LIPI yang telah membiayai kegiatan penelitian ini dalam program kegiatan *Demand Driven Research Grant* (DDRG) Tahun Anggaran 2018. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua anggota tim yang tergabung dalam kegiatan ini. Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada BAPPEDA Provinsi Kepulauan Riau, Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, dan Pertanahan Provinsi Kepulauan Riau, Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Kepulauan Riau, Dinas Kesehatan Provinsi Kepulauan Riau, Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Kepulauan Riau, PDAM Tirta Kepri Provinsi Kepulauan Riau, serta beberapa dinas lainnya yang terkait di tingkat Kabupaten Bintan dan Kota Tanjungpinang, atas bantuan dan partisipasinya dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Adisasmita, R. (2013). *Pembangunan kawasan dan tata ruang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Apriadi, T., & Ashari, I. H. (2018). Struktur komunitas fitoplankton pada kolong pengendapan limbah tailing bauksit di Senggarang, Tanjungpinang. *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera: A Scientific Journal*, 35(3), 145–152. doi:10.20884/1/mib.2018.35.3.761.
- Arsad, S. (2010). *Konservasi tanah dan air-edisi kedua*. Bogor: IPB Press.
- Aryani, R., & Apriadi, T. (2018). Inventory of epiphytes aquatic microfungi in pond of tailing bauxite in Tanjungpinang, Bintan Island, Riau Islands Province. *Omni-Akuatika*, 14(3), 106–111. doi:10.20884/1.oa.2018.14.3.595.
- Budiyanto, F., Arbi, U. Y., & Suratno. (2019). Risk assessment on mercury concentration in six edible mollusks from Bintan Island, Indonesia. In *International Conference on Biology and Applied Science (ICOBAS)* (p. 040009). AIP Publishing. doi:10.1063/1.5115647.
- Duvendack, M., Palmer-Jones, R., Copestake, J. G., Hooper, L., Loke, Y., & Rao, N. (2011). *What is the evidence of the impact of microfinance on the well-being of poor people?* London: EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education, University of London.
- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air: Bagi pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Erfandi, D. (2017). Pengelolaan lansekap lahan bekas tambang: pemulihan lahan dengan pemanfaatan sumberdaya lokal (in-situ). *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 11(2).
- Hardiansyah, R. (2016). Analisis implementasi kebijakan pulau bintan sebagai Free Trade Zone (ftz) terhadap investasi di Bintan. *Jurnal Benefita: Ekonomi Pembangunan, Manajemen Bisnis & Akuntansi*, 1(3), 163–176. doi:10.22216/jbe.v1i3.882.
- Hem, J. . (1989). *Study and interpretation of chemical characteristics of natural waters* (No. Paper 2254, 3rd ed.).
- Irawan, A. B., & Yudono, A. R. A. (2014). Studi kelayakan penentuan tempat pemrosesan akhir sampah (Tpa) di Pulau Bintan Propinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(1), 1–11.
- Marganingrum, D. (2013). *Manajemen sumberdaya air terpadu “Waduk Saguling” dalam rangka pengembangan*

SPAM regional KSN Cekungan Bandung. Institut Teknologi Bandung.

- Marganingrum, D., Rusydi, A. F., Santoso, H., Makhfuddin, D., Wijaya, D. P., & Nur, W. H. (2010). Konsep pengurangan kemiskinan berdasarkan analisis kemiskinan air. In *Prosiding Geoteknologi LIPI* (pp. 110–134).
- Marganingrum, D., & Sudrajat, Y. (2018). Estimasi daya dukung sumber daya air di Pulau Kecil (Studi kasus Pulau Pari). *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 6(3), 164. doi:10.14710/jwl.6.3.164-182.
- Masterson, J. P., Fienen, M. N., Thieler, E. R., Gesch, D. B., Gutierrez, B. T., & Plant, N. G. (2013). Effects of sea-level rise on barrier island groundwater system dynamics – ecohydrological implications. *Ecohydrology*, 7, 1064–1071. doi:10.1002/eco.1442.
- Meirinawati, H., & Muchtar, M. (2017). Fluktuasi nitrat, fosfat dan silikat di perairan Pulau Bintan. *Jurnal Segara*, 13(3). doi:10.15578/segara.v13i3.6493.
- Mensah, A. K. (2015). Role of revegetation in restoring fertility of degraded mined soils in Ghana: A review. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 7(2), 57–80. doi:10.5897/IJBC2014.0775.
- Narulita, I., Djuwansyah, M.R. Sumawijaya, N. Marganingrum, D., Ningrum, W., & Rahayu, R. (2018). *Adaptasi dan mitigasi pengelolaan sumberdaya air terhadap pertumbuhan penduduk dan perubahan iklim di Pulau Kecil: Studi kasus Pulau Bintan*. Bandung: LIPI Press.
- Notodarmojo, S. (2005). *Pencemaran tanah dan air tanah*. Bandung: ITB Bandung.
- Ochir, A., & Davaa, G. (2011). Application of index analysis to evaluate the water quality of the Tuul River in Mongolia. *Journal of Water Resource and Protection*, 336050, 398–414. doi:10.4236/jwarp.2011.36050.
- Prasetyo, B. H., & Suriadikarta, D. A. (2006). Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*, 25(2), 39–46.
- Putra, R. D., Apriadi, T., Suryanti, A., Irawan, H., Said Raja'I, T., Yulianto, T., ... Koenawan, C. J. (2018). Preliminary study of heavy metal (Zn, Pb, Cr, As, Cu, Cd) contaminations on different soil level from post-mining bauxite production for aquaculture. *E3S Web of Conferences*, 47, 02008. doi:10.1051/e3sconf/20184702008.
- Ravikumar, P., Somashekar, R. K., & Prakash, K. L. (2015). A comparative study on usage of Durov and Piper diagrams to interpret hydrochemical processes in groundwater from SRLIS river basin, Karnataka, India. *Elixir International Journal*, 80, 31073–31077.
- Rusli, S., & Fauzielly, L. (2016). Groundwater quality study of bauxite mining area, Bintan Land – Riau Islands Province. *IJSRST*, 2(6), 248–352.
- Sallata, M. K. (2017). Pentingnya aplikasi teknik konservasi air dengan metode struktur fisik di Wilayah Hulu DAS. *Buletin Eboni*, 14(1), 47–62. doi:10.20886/buleboni.5095.
- Santoso, D. H. (2015). Kajian daya dukung air di Pulau Bintan, Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 1–17. doi:10.20885/jstl.vol7.iss1.art1.
- Sembiring, S. (2008). Sifat kimia dan fisik tanah pada areal bekas tambang bauksit di Pulau Bintan, Riau. *Info Hutan*, 5(2), 123–134.
- Setiady, D., & Faturachman, F. (2004). Tipe granit sepanjang pantai timur laut Pulau Batam dan pantai barat Pulau Bintan, Perairan Selat Batam. *Jurnal Geologi Kelautan*, 2(2), 9–14. doi:10.32693/jgk.2.2.2004.109.
- Setiady, D., & Faturachman, F. (2016). Tipe granit sepanjang pantai timur Pulau Batam dan Pantai Barat Pulau Bintan, Perairan Selat Batam Bintan. *Jurnal Geologi Kelautan*, 2(2).
- Silvia, A. ., & Safriani, M. (2018). Analisis potensi pemanenan air hujan dengan teknik rainwater harvesting untuk kebutuhan domestik. *Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar*, 4(1), 62–73.
- Sukiyah, E., Isnaniawardhani, V., Sudradjat, A., & Erawan, F. (2018). The geologic potentials of Riau Islands Province and its development design. *Jurnal Perspektif Pembiayaan dan Pembangunan Daerah*, 5(3), 181–190. doi:10.22437/ppd.v5i3.4554.
- Tjasyono, B., & Bannu, B. (2003). Dampak ENSO pada faktor hujan di Indonesia. *Jurnal Matematika Dan Sains*, 8(1), 15–22.
- Trenberth, K. E., Caron, J. M., Stepaniak, D. P., & Worley, S. (2000). The evolution of ENSO and global atmospheric temperatures. *J. Geophys. Res. Atmospheres*. Retrieved from <http://www.cgd.ucar.edu/cas/papers/jgr2001b/jgr2.html>.
- Utomo, E. ., Marganingrum, D., Rusydi, A. ., Purwoarminta, A., & Ningrum, W. (2017). *Rancang bangun pengelolaan sumberdaya airtanah untuk pengurangan risiko kekeringan akibat peningkatan cuaca ekstrim (perubahan iklim) di pulau-pulau kecil*. Bandung.