

## Sebaran Spasial Intrusi Air Laut di Wilayah Pesisir Teluk Banten dan Alternatif Upaya Pengendaliannya

*(Spatial Distribution of Sea Water Intrusion in the Coastal Area of Banten Bay and the Alternative Efforts to Control)*

R. Rakhmad Bakti Santosa<sup>1,2\*</sup>, Gatot Yulianto<sup>2</sup> dan Ario Damar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kementerian Kelautan dan Perikanan, Jalan Medan Merdeka Timur 16 Kota Jakarta Pusat 10110, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Kota Bogor 16128, Indonesia

\*Corresponding author, e-mail: [rakhmadbakti@apps.ipb.ac.id](mailto:rakhmadbakti@apps.ipb.ac.id)

Diterima : 27 Maret 2020 / Disetujui : 18 April 2021

### ABSTRAK

Degradasi lingkungan wilayah pesisir terutama pada ekosistem mangrove terbukti menimbulkan berbagai permasalahan multisektoral salah satunya berupa fenomena penyusupan air laut ke daratan atau intrusi air laut. Alih fungsi hutan mangrove menjadi areal pertambakan merupakan salah satu pemicu utama terjadinya degradasi ekosistem mangrove termasuk yang terjadi di pesisir Teluk Banten. Di sisi lain, mangrove mempunyai fungsi sebagai pengendali intrusi air laut. Saat ini masyarakat Desa Tonjong, Pamengkang, Banten, dan Sawah Luhur harus membeli air tawar untuk memenuhi kebutuhan air minum sehari-hari karena kondisi air sumurnya terasa payau. Penelitian bertujuan untuk mengetahui sebaran spasial dan tingkat intrusi air laut serta alternatif upaya pengendalian berbasis ekosistem. Metode yang digunakan yaitu interpolasi parameter fisika dan kimia serta analisis rasio klorida-bikarbonat ( $Cl^-/HCO_3^- + CO_3^{2-}$ ). Analisis dengan metode interpolasi mendapatkan hasil bahwa seluruh area penelitian telah terintrusi air laut berdasarkan parameter DHL dan klorida. Nilai DHL di 13 stasiun berada pada rentang nilai 1567  $\mu\text{mhos/cm}$  hingga 9754  $\mu\text{mhos/cm}$ , sedangkan nilai klorida menunjukkan rentang nilai 899,72 mg/L hingga 4838,50 mg/L. Analisis rasio klorida-bikarbonat mendapatkan nilai *Revelle Index* (RI) mulai dari 1,82 hingga 12,17 yang menandakan intrusi air laut terjadi mulai dari tingkat sedang hingga tinggi. Daerah terintrusi sedang mencakup area seluas 6,05  $\text{km}^2$ , terintrusi agak tinggi seluas 27,96  $\text{km}^2$ , dan terintrusi tinggi seluas 3,05  $\text{km}^2$ . Distribusi spasial nilai DHL dan klorida yang cukup tinggi terkonsentrasi di dua lokasi yaitu Kelurahan Banten dan Sawah Luhur. Rehabilitasi ekosistem mangrove merupakan salah satu upaya yang tepat untuk mengendalikan intrusi air laut, termasuk pada areal pertambakan dengan pola silvofishery.

**Kata kunci:** intrusi air laut, mangrove, pesisir

### ABSTRACT

*Environmental degradation of coastal areas, especially in mangrove ecosystems, has been proven to cause various multi-sectoral problems, one of which is the phenomenon of sea water intrusion into land or sea water intrusion. The conversion of mangrove forest to aquaculture areas is one of the main triggers for degradation of the*

*mangrove ecosystem, including what occurs on the coast of Banten Bay. On the other hand, mangroves have a function as controlling sea water intrusion. Currently, the people of Tonjong, Pamengkang, Banten, and Sawah Luhur Villages have to buy fresh water to meet their daily drinking water needs because the condition of the well water feels brackish. This study aims to determine the spatial distribution and level of seawater intrusion as well as alternative ecosystem-based control measures. The method used was interpolation of physical and chemical parameters and analysis of the chloride-bicarbonate ratio ( $Cl^- / HCO_3^- + CO_3^{2-}$ ). Analysis using the interpolation method showed that the entire study area was intruded by sea water based on the parameters of DHL and chloride. The DHL values at 13 stations ranged from 1567  $\mu\text{mhos} / \text{cm}$  to 9754  $\mu\text{mhos} / \text{cm}$ , while the chloride values showed a range of values from 899.72 mg / L to 4838.50 mg / L. Analysis of the chloride-bicarbonate ratio obtained Revelle Index (RI) values ranging from 1.82 to 12.17, which indicates that seawater intrusion occurred from moderate to high levels. The medium intruded area covers an area of 6.05 km<sup>2</sup>, a rather high intrusion area of 27.96 km<sup>2</sup>, and a high intrusion area of 3.05 km<sup>2</sup>. The spatial distribution of DHL and chloride values was quite high, concentrated in Banten and Sawah Luhur sub-districts. Mangrove ecosystem rehabilitation is one of the right efforts to control seawater intrusion, including in silvofishery patterned aquaculture areas.*

**Keywords:** coastal, mangrove, sea water intrusion

## PENDAHULUAN

Wilayah pesisir merupakan kawasan yang sangat potensial untuk dikembangkan sebagai sentra pertumbuhan ekonomi, namun di sisi lain wilayah pesisir juga menyimpan beragam permasalahan lingkungan salah satunya terkait intrusi air laut. Intrusi air laut adalah masuk atau menyusupnya air laut ke dalam pori-pori batuan dan mencemari air tanah yang terkandung di dalamnya sehingga menyebabkan air tanah berubah menjadi payau bahkan asin (Putranto dan Kusuma 2009). Masalah intrusi air laut dianggap sebagai hal yang biasa terjadi di wilayah pesisir sehingga kurang mendapatkan perhatian dari masyarakat maupun pemerintah.

Intrusi dapat terjadi karena beberapa faktor antara lain akibat pemompaan air tanah secara masif dan kerusakan ekosistem mangrove (Hilmi *et al.* 2017). Richard dan Fries (2016) melaporkan bahwa lebih dari 35% hutan bakau di seluruh dunia hilang/rusak sejak 1980-an, terutama karena penebangan untuk dikonversi menjadi tambak. Lestari *et al.* (2016) juga berpendapat bahwa kerusakan ekosistem mangrove di Jawa salah satunya dipicu oleh pembangunan tambak di kawasan pesisir yang marak terjadi sejak tahun 1970-an, termasuk yang terjadi di pesisir Teluk Banten.

Anurogo *et al.* (2018) menyajikan data bahwa mangrove di Teluk Banten secara umum terdiri atas tiga kondisi yaitu baik (31.53%), rusak (44.70%), dan rusak berat

(23.76%). Salah satu fungsi ekosistem mangrove ialah berperan penting dalam tata air termasuk kemampuannya untuk mengurangi proses intrusi air laut (Salim *et al.* 2016; Hilmi *et al.* 2017). Konversi lahan mangrove seluas 511 ha menjadi tambak di Kelurahan Sawah Luhur, Kecamatan Kasemen, Provinsi Banten, telah mengakibatkan terjadinya intrusi air laut sejauh 4 km ke arah darat (Ilman *et al.* 2011).

Masyarakat desa pesisir Teluk Banten, terutama di Kecamatan Kasemen dan Kramatwatu, sudah cukup lama mengalami kesulitan mendapatkan air bersih (tawar) akibat intrusi air laut (Lestari *et al.* 2018). Dampak yang paling nyata ialah masyarakat harus membeli air bersih untuk kebutuhan air minum sehari-hari. Selain itu, intrusi air laut juga menyebabkan penurunan kesuburan tanah misalnya sawah dan juga masalah kesehatan seperti tekanan darah tinggi dan stroke jika mengkonsumsi air payau dalam jangka waktu yang lama (Widada 2007; Shammi *et al.* 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk 1) mengetahui sebaran spasial dan tingkat intrusi air laut yang terjadi di pesisir Teluk Banten khususnya di desa pesisir Kecamatan Kasemen dan Kramatwatu, dan 2) menentukan alternatif upaya pengendalian intrusi air berbasis ekosistem pesisir yang mungkin dapat dilakukan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2020 bertempat di empat desa pesisir Teluk Banten yaitu Desa Tonjong dan Pamengkang (Kecamatan Kramatwatu, Kabupaten Serang), serta Kelurahan Banten dan Sawah Luhur (Kecamatan Kasemen, Kota Serang). Bahan dan alat yang digunakan selama proses penelitian terdiri atas komputer/laptop, GPS, botol polyethylene 500 ml, *electrical Conductivity* (EC) meter portable, aquades, *coolbox*, *water sampler*, kertas label, dan alat tulis.

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode deskriptif. Data yang dikumpulkan terdiri atas data primer dan sekunder. Data primer meliputi parameter fisika dan kimia (hidrokimia) kualitas air tanah terdiri atas daya hantar listrik (DHL), klorida ( $\text{Cl}^-$ ), bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), dan karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), sedangkan data sekunder mencakup literatur terkait hasil penelitian mengenai intrusi air laut yang pernah dilakukan. Data parameter kualitas air tanah diperoleh melalui sampel air tanah yang diambil secara langsung pada sumur gali milik penduduk sebanyak 13 titik. Pengukuran nilai DHL dilakukan secara langsung di lapangan (*in situ*), sedangkan parameter klorida, bikarbonat, dan karbonat diukur melalui pengujian di laboratorium.

Sampel air diambil pada kedalaman 1 meter sebanyak  $\pm$  500 ml, selanjutnya dimasukkan ke dalam botol polyethylene dan disimpan di dalam *coolbox* berisi es pada suhu sekitar 10°C (Naily *et al.* 2016). Hasil analisis kemudian disandingkan dengan klasifikasi jenis/sifat air yang disusun oleh Panitia Ad Hoc Intrusi Air Asin (PAHIA) tahun 1986. Klasifikasi jenis/sifat air berdasarkan parameter DHL dan klorida disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi jenis/sifat air

No	Jenis/sifat air	DHL ( $\mu$ mhos/cm)	Klorida (mg/L)
1	Air tawar	< 1.500	< 500
2	Air agak payau	1.500 – 5.000	500 – 2.000
3	Air payau	5.000 – 15.000	2.000 – 5.000
4	Air asin	15.000 – 50.000	5.000 – 19.000
5	Brine	> 50.000	> 19.000

Sumber : Gemilang dan Kusumah (2016)

Untuk mengetahui sebaran spasial intrusi air laut, data parameter fisik dan kimia yang telah dilakukan pengukuran dianalisis menggunakan metode interpolasi pada aplikasi ArcGIS 10.3. Xiao *et al.* (2016) menyatakan bahwa interpolasi merupakan metode yang digunakan untuk memperkirakan nilai data di suatu area yang jaraknya berdekatan dan mengestimasi titik-titik yang datanya tidak tersedia dengan data pengamatan yang tersedia.

Tingkat intrusi air laut dapat diketahui menggunakan Revelle Index (RI) yang diperoleh melalui perbandingan antara nilai klorida dengan bikarbonat dan karbonat (Salim *et al.* 2016; Akoteyon *et al.* 2018; Hounsinou 2020). Persamaan Revelle Index sebagai berikut:

$$RI = \frac{Cl}{CO_3 + HCO_3}$$

dimana RI = Revelle index, Cl = klorida, HCO<sub>3</sub> = bikarbonat, dan CO<sub>3</sub> = karbonat. Nilai RI selanjutnya dikomparasikan dengan klasifikasi tingkat intrusi yang disusun oleh Simpson (Kani dan Lekshmi 2017) menjadi enam kelas sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Untuk mengetahui sumber pencemar air asin, dilakukan perbandingan nilai DHL dengan RI. Salim *et al.* (2016) menyatakan bahwa apabila nilai RI > 1 dan nilai DHL > 1500  $\mu$ mhos/cm, maka keasinan air tanah disebabkan oleh adanya penyusupan air laut, sedangkan jika nilai RI < 1 dan DHL > 1500  $\mu$ mhos/cm maka sumber air asin berasal dari pelarutan mineral-mineral garam yang terdapat pada batuan akuifer ataupun faktor antropogenik.

Tabel 2. Klasifikasi tingkat intrusi air laut berdasarkan Revelle Index

No	Revelle Index	Klasifikasi
1	< 0,5	Air tawar
2	0,5 – 1,3	Terintrusi sedikit
3	1,3 – 2,8	Terintrusi sedang
4	2,8 – 6,6	Terintrusi agak tinggi
5	6,6 – 15,5	Terintrusi tinggi
6	15,5 - 20	Air laut

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sebaran Spasial Intrusi Air Laut

Identifikasi terjadinya intrusi air laut dilakukan dengan menguji parameter fisika dan kimia. Parameter fisika yang diuji yaitu DHL (Cahyadi *et al.* 2017), sedangkan parameter kimia yaitu klorida (Suhartono *et al.* 2015). DHL didefinisikan oleh Effendi (2003) sebagai kemampuan air untuk meneruskan arus listrik yang digambarkan dalam bentuk angka. Nilai DHL menggambarkan kadar ion dalam air tanah dan berbanding lurus dengan kenaikan kadar garam pada suatu larutan (Cahyadi *et al.* 2017). Semakin banyak kandungan garam yang dapat terionisasi, semakin tinggi pula nilai DHL.

Tabel 3 Data hasil pengukuran nilai DHL

Stasiun	Desa/Kelurahan	DHL ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	Klasifikasi sifat air
1	Banten	2117	Air agak payau
2	Tonjong	1567	Air agak payau
3	Tonjong	1823	Air agak payau
4	Banten	2347	Air agak payau
5	Sawah Luhur	1883	Air agak payau
6	Sawah Luhur	9754	Payau
7	Sawah Luhur	2235	Air agak payau
8	Sawah Luhur	1595	Air agak payau
9	Banten	3518	Air agak payau
10	Banten	1624	Air agak payau
11	Pamengkang	3557	Air agak payau
12	Pamengkang	1587	Air agak payau
13	Pamengkang	2250	Air agak payau

Sumber : Data primer

Tabel 3 menunjukkan bahwa semua sumur penduduk yang dijadikan sampel penelitian telah terintrusi air laut. Nilai DHL pada semua sumur gali menunjukkan angka di atas 1500  $\mu\text{mhos/cm}$  yang artinya tidak ditemukan adanya air tawar. Nilai

DHL terendah berada di Desa Tonjong yaitu pada stasiun 2 dengan nilai 1567  $\mu\text{mhos/cm}$ . Nilai DHL tertinggi berada di Kelurahan Sawah Luhur yaitu pada stasiun 6 dengan nilai DHL 9754  $\mu\text{mhos/cm}$ . Dari 13 sampel air tanah yang diukur, sebanyak 12 sampel termasuk jenis air agak payau dan 1 sampel termasuk jenis air payau.

Paramater lain yang diukur untuk mengetahui gejala terjadinya intrusi air laut yaitu klorida. Klorida merupakan salah satu anion yang dominan (87,2%) di perairan laut sehingga dapat digunakan sebagai parameter penduga terjadinya intrusi air laut. Tabel 4 memperlihatkan bahwa semua sampel air tanah di empat desa lokasi penelitian telah terintrusi air laut yang diindikasikan oleh nilai klorida di atas 500 mg/L. Nilai klorida terendah terdapat pada stasiun 12 yang berada di Desa Pamengkang dengan nilai 899,72 mg/L, sedangkan nilai tertinggi ada di stasiun 6 yang berada di Kelurahan Sawah Luhur dengan nilai 4838,50 mg/L.

Tabel 4. Hasil uji laboratorium kadar klorida

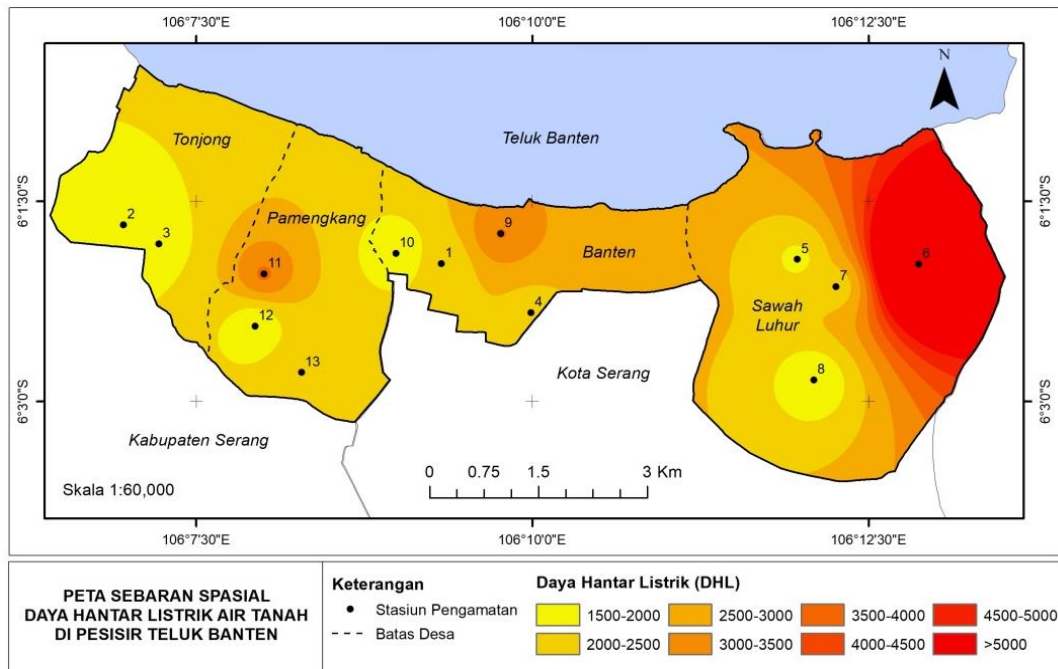
Stasiun	Desa/Kelurahan	Klorida (mg/L)	Klasifikasi sifat air
1	Banten	1299.60	Air agak payau
2	Tonjong	1099.66	Air agak payau
3	Tonjong	1199.63	Air agak payau
4	Banten	1399.57	Air agak payau
5	Sawah Luhur	1359.58	Air agak payau
6	Sawah Luhur	4838.50	Air payau
7	Sawah Luhur	1099.66	Air agak payau
8	Sawah Luhur	1299.60	Air agak payau
9	Banten	3698.85	Air payau
10	Banten	1199.63	Air agak payau
11	Pamengkang	2399.26	Air payau
12	Pamengkang	899.72	Air agak payau
13	Pamengkang	999.69	Air agak payau

Sumber : Data primer

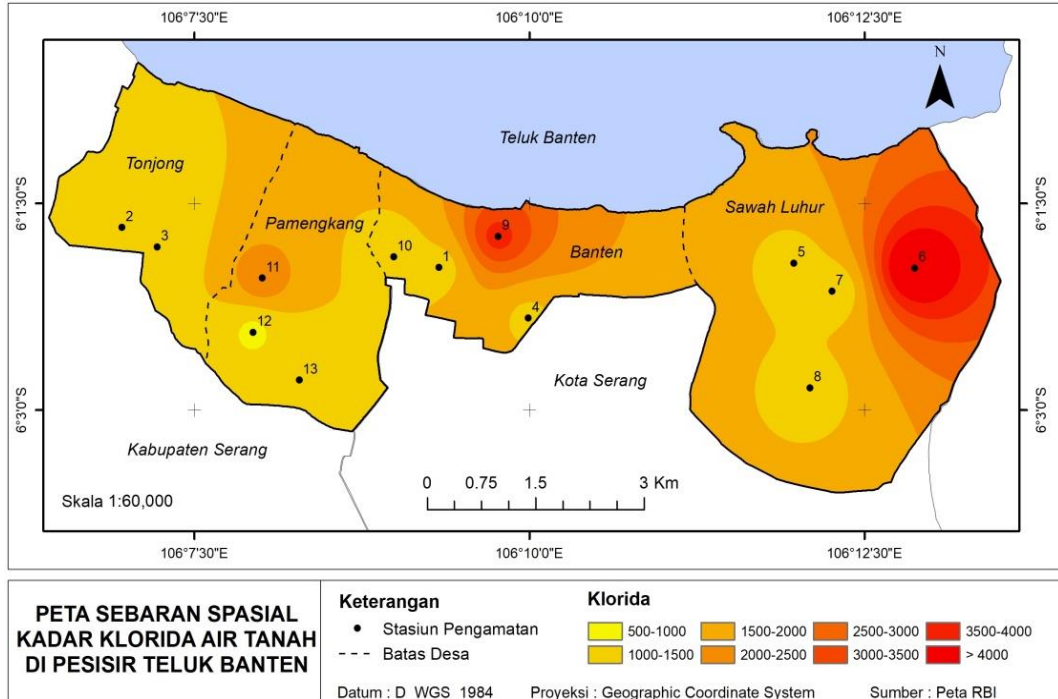
Analisis spasial dengan metode interpolasi terhadap data nilai DHL dan klorida memperlihatkan bahwa seluruh area lokasi penelitian telah terintrusi air laut. Gambar 1 merupakan visualisasi sebaran spasial intrusi air laut berdasarkan parameter DHL, sedangkan Gambar 2 berdasarkan parameter klorida. Terdapat kemiripan pola sebaran spasial antara nilai DHL dengan klorida. Nilai DHL dan klorida mengalami penurunan seiring dengan pertambahan jarak ke arah daratan. Selain itu, diketahui bahwa distribusi



nilai DHL dan klorida yang cukup tinggi terkonsentrasi di dua daerah yaitu di Kelurahan Banten (stasiun 9) dan Sawah Luhur (stasiun 6).



Gambar 1. Sebaran spasial intrusi air laut berdasarkan nilai DHL



Gambar 2. Sebaran spasial intrusi air laut berdasarkan kadar klorida

### Tingkat Intrusi Air Laut

Analisis rasio klorida-bikarbonat ( $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-$ ) menunjukkan bahwa seluruh wilayah desa yang menjadi lokasi penelitian telah terintrusi air laut mulai dari tingkat sedang sampai tinggi dengan kisaran nilai RI antara 1,82 hingga 12,17 (Tabel 4). Daerah dengan tingkat intrusi sedang sebanyak 7 titik, intrusi agak tinggi sejumlah 4 titik, dan intrusi tinggi sebanyak 2 titik. Perbandingan antara nilai RI dengan nilai DHL di 13 stasiun pengamatan seluruhnya mendapatkan hasil  $>1$  sehingga dapat disimpulkan bahwa intrusi air laut yang terjadi di pesisir Teluk Banten disebabkan oleh penyusupan air laut ke dalam akuifer, bukan karena faktor antropogenik. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian Naily *et al.* (2016) yang menguji dua titik sampel air tanah di Desa Pamengkang dan Sawah Luhur menggunakan rasio Na/Cl. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa klorida pada air tanah di pesisir Teluk Banten berasal dari penyusupan air laut, bukan dari aktifitas antropogenik.

Tabel 4. Tingkatan intrusi air laut berdasarkan rasio klorida-bikarbonat

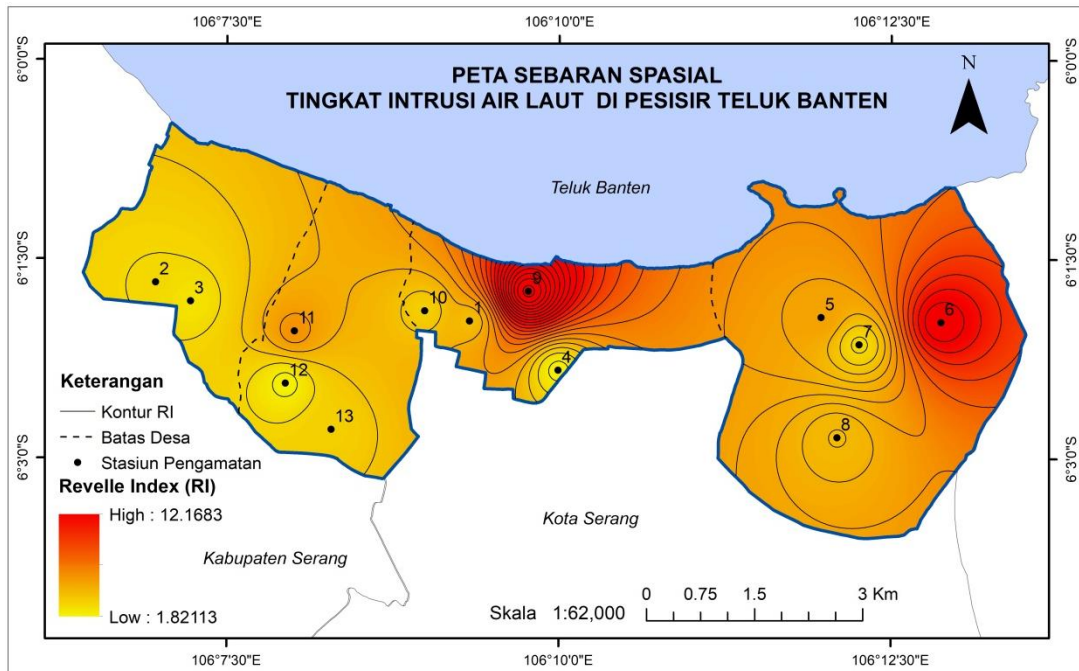
Stasiun	$\text{Cl}^+$	$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-$	RI	Tingkatan
1	1299.60	423.20	3,13	Terintrusi agak tinggi
2	1099.66	457.60	2,45	Terintrusi sedang
3	1199.63	553.60	2,20	Terintrusi sedang
4	1399.57	773.60	1,83	Terintrusi sedang
5	1359.58	364.80	3,81	Terintrusi agak tinggi
6	4838.50	580.80	8,45	Terintrusi tinggi
7	1099.66	472.00	2,37	Terintrusi sedang
8	1299.60	414.13	3,20	Terintrusi agak tinggi
9	3698.85	312.00	12,17	Terintrusi tinggi
10	1199.63	456.80	2,67	Terintrusi sedang
11	2399.26	575.20	4,23	Terintrusi agak tinggi
12	899.72	502.40	1,82	Terintrusi sedang
13	999.69	380.00	2,69	Terintrusi sedang

Sumber : Data primer hasil uji laboratorium

Gambar 3 memperlihatkan sebaran spasial tingkat intrusi air laut berdasarkan rasio klorida-bikarbonat. Analisis dengan metode interpolasi memperoleh hasil bahwa intrusi air laut menyebar secara luas pada empat desa lokasi penelitian mulai dari tingkat sedang hingga tinggi. Berdasarkan kerapatan garis kontur dapat diketahui bahwa wilayah dengan RI tinggi terkonsentrasi di dua area yaitu Kelurahan Banten (stasiun 9) dan Sawah Luhur (stasiun 6). Nilai RI di stasiun 9 lebih tinggi karena jarak titik sampel dari garis pantai hanya sejauh 320 m, sedangkan stasiun 6 jarak dari garis pantai sejauh 1.559 m. Nilai RI di Kelurahan Sawah Luhur kemungkinan akan lebih tinggi jika dilakukan pengambilan sampel pada jarak yang sama dengan stasiun 9. Akan



tetapi, keberadaan sumber air di Kelurahan Sawah Luhur yang terdekat dengan garis pantai hanya ditemukan di sekitar stasiun 6.



Gambar 3. Sebaran tingkat intrusi air laut berdasarkan Revelle Index

Dari area penelitian seluas 37,06 km<sup>2</sup>, intrusi air laut dengan kategori tingkat sedang terjadi pada wilayah seluas 6,05 km<sup>2</sup> (16,32%), intrusi agak tinggi mencakup area seluas 27,96 km<sup>2</sup> (75,45%), dan intrusi tinggi seluas 3,05 km<sup>2</sup> (8,23%) (disajikan pada Tabel 5). Wilayah dengan tingkat intrusi tinggi hanya ditemukan di dua lokasi yaitu Kelurahan Banten (1,33 km<sup>2</sup>) dan Kelurahan Sawah Luhur (1,72 km<sup>2</sup>). Tidak adanya area intrusi air laut dengan kategori tinggi di Desa Tonjong dan Desa Pamengkang disebabkan tidak adanya sumur air tanah yang dekat dengan pantai untuk dijadikan sampel, sehingga masih ada potensi intrusi air laut dengan kategori tinggi jika dilakukan pengujian air tanah pada lokasi yang dekat dengan garis pantai di kedua desa tersebut.

Wilayah dengan luasan kategori intrusi agak tinggi dijumpai di semua desa, namun yang terluas terjadi di Kelurahan Sawah Luhur dengan luas 14,25 km<sup>2</sup> atau 50,97% dan terkecil di Desa Tonjong seluas 3,28 km<sup>2</sup> atau 11,73%. Wilayah dengan luasan kategori intrusi sedang dijumpai di semua desa, akan tetapi yang terluas terjadi di Desa Tonjong dengan luas 3,39 km<sup>2</sup> atau 56,03% dan terkecil di Kelurahan Sawah Luhur seluas 0,2 km<sup>2</sup> atau 3,31%

Tabel 5 Sebaran tingkat intrusi air laut di tiap desa

Desa/Kelurahan	Luas tingkat intrusi (km <sup>2</sup> )		
	Sedang	Agak tinggi	Tinggi
Tonjong	3,39	3,28	0
Pamengkang	1,93	5,63	0
Banten	0,53	4,80	1,33
Sawah Luhur	0,2	14,25	1,72
Total	6,05	27,96	3,05

Sumber : Pengolahan data primer

Dikaitkan dengan kondisi geologi dan geomorfologi, wilayah pesisir Teluk Banten berada pada dataran alluvial yang tersusun atas pasir, lanau, dan lempung berumur Holosen ( $\pm 11.000$  tahun terakhir) dengan permukaan relatif rendah dan datar (Solihuddin *et al.* 2020). Kondisi geologi pada dataran alluvial lebih mempengaruhi terjadinya intrusi air laut. Hal ini disebabkan karakteristik endapan alluvial yang memungkinkan air laut dapat masuk pada sistem air tanah karena tanah dan batumannya memiliki sifat meloloskan air yang tinggi karena mengandung kerikil dan endapan pasir (Nurrohim *et al.* 2012).

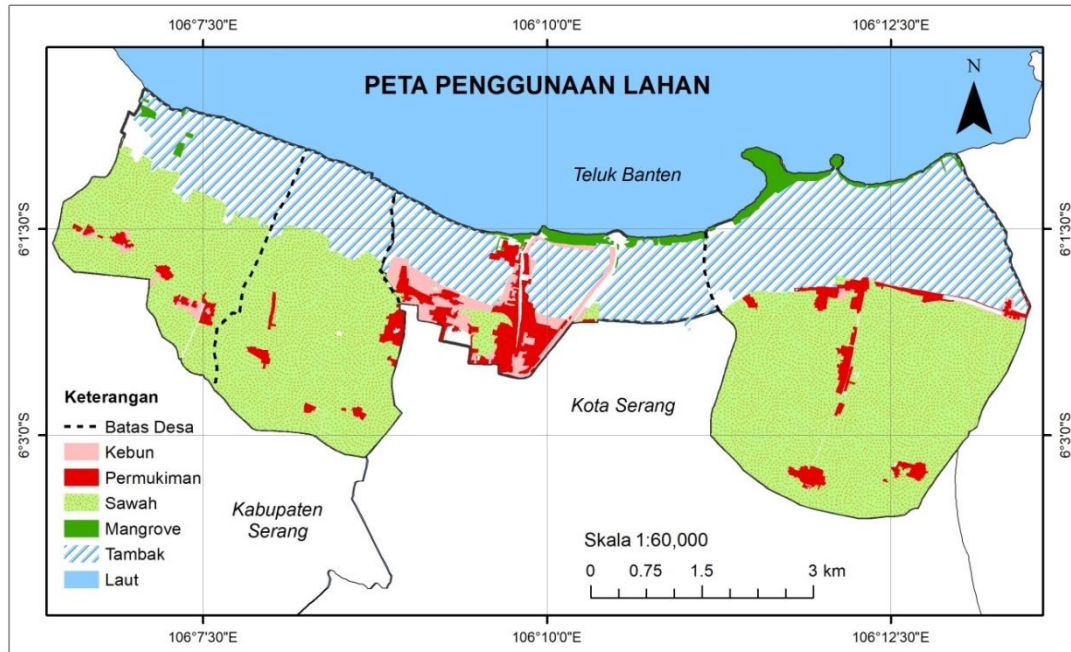
Hal ini juga didukung dengan kondisi hidrogeologi pesisir Teluk Banten. Sistem akuifer wilayah ini berupa aliran air bawah tanah melalui ruang antar butir dengan kategori akuifer produktif sedang dan luas sebarannya. Batuan akuifer ini dicirikan oleh sifat lepas dengan kesarangan dan kelulusan air relatif tinggi sehingga dapat dengan mudah meloloskan air laut ke dalam tanah (Kurniawan 2019). Nurrohim *et al.* (2012) menyatakan bahwa kawasan dengan akuifer produktif sedang berperan terhadap terjadinya intrusi air laut karena akuifer ini batumannya tersusun atas pasir dan kerikil serta lempung sebagaimana yang terjadi di Kabupaten Rembang.

Morfologi pesisir berupa dataran pantai yang luas di pesisir Teluk Banten dimanfaatkan oleh masyarakat setempat sebagai lahan tambak, persawahan, serta permukiman. Tabel 6 menginformasikan bahwa sawah merupakan bentuk penggunaan lahan dengan luas area yang paling besar yaitu 1812,96 ha atau 48,92 % dari luas empat desa lokasi penelitian, kemudian diikuti dengan lahan tambak 1196,73 ha atau 32,29 %, dan permukiman dengan luas lahan 581,04 ha atau 15,68 %. Mangrove sebagai salah satu ekosistem pesisir tersebar di tiga desa yaitu Sawah Luhur, Banten, dan Tonjong dengan luas total 74,98 ha atau 2,02 %. Peta penggunaan lahan disajikan di Gambar 4.

Tabel 6. Bentuk penggunaan lahan di lokasi penelitian

Penggunaan Lahan	Luas Lahan (Ha)			
	Tonjong	Pamengkang	Banten	Sawah Luhur

Sawah	469	410	33,96	900
Tambak	162,7	148	378,23	507,8
Kebun	0,2	0,4	33,52	6,17
Permukiman	8,53	21,3	110,21	441
Mangrove	5,73	0	30,22	39,03
Jumlah	646,16	579,7	586,14	1894



Gambar 3. Peta penggunaan lahan di lokasi penelitian

Dari beberapa bentuk penggunaan lahan, peruntukan lahan pesisir sebagai kawasan tambak merupakan salah satu faktor penyebab semakin cepatnya laju intrusi air laut ke daratan (Nurrohim *et al.* 2012). Penyusupan air asin dari laut dapat terjadi lewat saluran-saluran irigasi atau kanal pada lahan tambak maupun air tambak yang merembes ke dalam lapisan tanah karena adanya kebocoran pada lapisan kolam tambak (Penmetsa *et al.* 2013).

Adanya perbedaan luas tambak pada suatu kawasan seperti yang terjadi di Kabupaten Rembang juga berpengaruh terhadap sebaran spasial dan tingkat intrusi air laut. Semakin luas areal tambak, semakin luas pula sebaran spasial intrusi air lautnya (Ismawan *et al.* 2016). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1, 2, dan 3 yang menunjukkan konsentrasi kadar DHL, klorida, dan tingkat intrusi air laut terkonsentrasi di Kelurahan Sawah Luhur dan Banten. Sawah Luhur memiliki area tambak seluas 507,8 Ha atau 26,81% dari luas Kelurahan Sawah Luhur, sedangkan Kelurahan Banten memiliki lahan tambak seluas 378,23 Ha atau 64,53% dari luas Kelurahan Banten. Stasiun 6 yang

berada di Sawah Luhur memiliki nilai DHL yang cukup tinggi yaitu 9754  $\mu\text{mhos/cm}$  meskipun berada pada jarak 1.559 km dari garis pantai. Tingginya nilai RI di Kelurahan Banten disebabkan desa ini separuhnya lebih (64,53%) digunakan sebagai kawasan pertambakan.

### **Alternatif Penanggulangan Intrusi Air Laut di Pesisir Teluk Banten**

Pada bagian awal telah diuraikan bahwa intrusi air laut dapat terjadi karena banyak faktor salah satunya yaitu degradasi mangrove akibat konversi lahan seperti yang terjadi di pesisir Teluk Banten. Oleh karena itu, upaya pengendalian berbasis ekosistem yang dapat dilakukan adalah pengembalian ekosistem mangrove dengan cara rehabilitasi pada areal yang sesuai terutama di sempadan pantai, sempadan sungai, dan areal tambak.

Eksistensi ekosistem mangrove terbukti mampu meminimalisasi terjadinya intrusi air laut di wilayah pesisir (Damayanti *et al.* 2020). Kusmana (2007) menyatakan bahwa ekosistem mangrove memiliki kemampuan untuk mengendalikan intrusi air laut dengan cara pencegahan pengendapan  $\text{CaCO}_3$  oleh badan eksudat akar, peran fisik susunan akar mangrove yang mampu mereduksi daya jangkauan air pasang ke daratan, perbaikan sifat fisik dan kimia tanah melalui dekomposisi serasah, serta pengurangan kadar garam oleh bahan organik hasil dekomposisi serasah. Ekosistem mangrove juga memiliki jaringan yang mampu mengekstraksi garam (*salt-excreting gland*), jaringan yang menyerap garam (*salt-accumulating gland*), jaringan yang tidak mengeluarkan garam (*salt-excluder gland*), aktivitas perakaran, penyerapan kadar garam, dan metabolisme lainnya yang mampu menekan dampak intrusi air laut dalam metabolisme mangrove (Hilmi *et al.* 2017; Rangkuti *et al.* 2017).

Simulasi yang dilakukan oleh Hilmi *et al.* (2017) menunjukkan bahwa laju intrusi air laut jika ada mangrove mencapai 0,20 km/tahun, sedangkan jika tidak ada mangrove maka laju intrusi mencapai 0,3-0,4 km/tahun. Rehabilitasi mangrove pada area tambak dinilai dapat membantu mengendalikan intrusi air laut. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Salim *et al.* (2016) di pesisir Subang yang menyatakan bahwa intrusi air laut banyak terjadi pada areal yang didominasi tambak tidak bermangrove. Pada tambak yang bermangrove, hasil analisis beberapa sampel menunjukkan bahwa air tanah tergolong kategori tawar.

Di antara empat desa lokasi penelitian, area yang mempunyai vegetasi mangrove yaitu Kelurahan Sawah Luhur, Kelurahan Banten, dan Desa Tonjong (Tabel 5).

Ketebalan mangrove di tiga desa tersebut paling tinggi sejauh 200 m. Namun, hasil penelitian menunjukkan bahwa intrusi air laut masih terjadi. Hal ini menandakan bahwa keberadaan ekosistem mangrove yang ada saat ini dinilai belum mampu menahan laju intrusi air laut. Oleh karena itu, pemerintah daerah perlu menambah luasan mangrove dalam bentuk *greenbelt* di sepanjang sempadan pantai, sempadan sungai, dan menerapkan pola silvofishery dalam pengusahaan budidaya tambak sehingga luasan mangrove dapat bertambah secara signifikan.

### KESIMPULAN

Kerusakan ekosistem mangrove serta kegiatan pertambakan di pesisir Teluk Banten telah berdampak terhadap permasalahan lingkungan berupa intrusi air laut. Penelitian memperoleh fakta bahwa intrusi air laut telah menyebar secara luas di Desa Tonjong, Pamengkang, Banten, dan Sawah Luhur. Air tanah pada keempat daerah tersebut masuk dalam kategori agak payau hingga payau. Tingkat intrusi air laut bervariasi mulai dari tingkat sedang seluas 6,05 km<sup>2</sup>, agak tinggi seluas 27,96 km<sup>2</sup>, dan tingkat tinggi mencakup area seluas 3,05 km<sup>2</sup>. Konsentrasi intrusi air laut tingkat tinggi berada di Kelurahan Banten dan Sawah Luhur yang besar kemungkinan dipengaruhi oleh luasan tambak di kedua desa tersebut. Alternatif upaya pengendalian berbasis ekosistem yang dapat dilakukan yaitu dengan rehabilitasi ekosistem mangrove di sepanjang sempadan pantai (sebagai *greenbelt* Teluk Banten), sempadan sungai, dan juga pada areal tambak dengan metode silvofishery. Metode ini terbukti dapat meningkatkan luasan ekosistem mangrove sekaligus produksi perikanan tambak.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Pendidikan Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan (BRSDMKP), Kementerian Kelautan dan Perikanan yang telah membantu pendanaan pada penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Akoteyon IS, Balogun II, Soneye ASO. 2018. Integrated Approaches to Groundwater Quality Assessment and Hydrochemical Processes in Lagos, Nigeria. *Applied Water Sciencse*. (8)200:1-19. doi: 10.1007/s13201-018-0847-y.
- Anurogo W, Lubis MZ, Khakim N, Prihantoro WJ, Cannagia LR. 2018. Pengaruh Pasang Surut Terhadap Dinamika Perubahan Hutan Mangrove di Kawasan Teluk Banten. *Jurnal Kelautan*. 11(2):130-139. doi:10.21107/jk.v11i2.3804.

- Cahyadi A, Adji TN, Marfai MA, Noviandari S, Agniy RF. 2017. Analisis Dampak Intrusi Air Laut Terhadap Air Tanah di Pulau Korai Pramuka, DKI Jakarta. *Majalah Geografi Indonesia*. 31(2):61-66. Doi: 10.22146/mgi.25493
- Damayanti C, Amukti R, Suyadi. 2020. Potensi Vegetasi Hutan Mangrove untuk Mitigasi Intrusi Air Laut di Pulau Kecil. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 5(2):75-91. DOI: 10.14203/oldi.2020.v5i2.313.
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius. 256 hlm.
- Gemilang WA, Kusumah G. 2016. Gejala Intrusi Air Laut Di Daerah Pesisir Padelegan, Pademawu Dan Sekitarnya. *Jurnal Kelautan*. 9(2) : 99-106. doi:10.21107/jk.v9i2.1117.
- Hilmi E, Kusmana C, Suhendang E, Iskandar. 2017. Correlation Analysis Between Seawater Intrusion And Mangrove Greenbelt. *IJFR*. 4(2) : 151-168.
- Hounsinnou SP. 2020. Assessment of potential seawater intrusion in a coastal aquifer system at Abomey - Calavi, Benin. *Heliyon*. 6(2). doi:10.1016/j.heliyon.2020.e03173.
- Ilman M, Wibisono ITC, Suryadiputra INN. 2011. *State of the Art Information on Mangrove Ecosystems in Indonesia*. Bogor: Wetlands International – Indonesia Programme.
- Ismawan MF, Sanjoto TB, Setyaningsih W. 2016. Kajian Intrusi Air Laut dan Dampaknya Terhadap Masyarakat di Pesisir Kota Tegal. *Geo Image*. 5(1).
- Kani MK, Lekshmi S. 2017. Assessment of Seawater Intrusion using Chemical Indicators. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 7:100-108.
- Kurniawan D. 2019. *Air Tanah Kota Tangerang Selatan*. <https://desdm.bantenprov.go.id/read/berita/290/Air-Tanah-Kota-Tangerang-Selatan.html> (diakses 25 Februari 2021)
- Kusmana C. 2007. Konsep Pengelolaan Mangrove yang Rasional. Makalah dalam Kegiatan Sosialisasi Bimbingan Teknis dan Pemantauan Pelaksanaan Rehabilitasi Mangrove, 13 Juni 2007, Makassar, Indonesia.
- Lestari TA, Eko BP, Didik F, Kuswantoro, Aswin R, Salira V. 2018. *Kajian Risiko Bencana Pesisir, Studi Kasus Kelurahan Banten dan Kelurahan Sawah Luhur, Kecamatan Kasemen, Kota Serang, Banten; Desa Purwerejo, Desa Morodemak, Desa Surodadi dan Desa Timbulsloko, Kabupaten Demak, Jawa Tengah*. Bogor : Wetlands International Indonesia.
- Penmetsa R, Reddy M, Raghuram P, Suri BG, Rambabu T. 2013. Aquaculture and Its Impact on Ground Water in East Godavari District Andhra Pradesh, India - A Case Study. *International Research Journal of Environment Sciences*. 02(10): 101-106.
- Putranto TP dan Kusuma K.I. 2009. Permasalahan Air Tanah pada Daerah Urban. *Jurnal Teknik*. 30(1):48-57.



- Naily W, Sudaryanto, Suherman D. 2016. Pengaruh Air Laut pada Air Tanah Tidak Tertekan di Wilayah Utara Kota Serang dan Kabupaten Serang, Provinsi Banten. *Ris.Geo.Tam.* 26(2):101-115. doi: 10.14203/risetgeotam2016.v26.276.
- Nurrohimi A, Tjaturahono BS, Setyaningsih W. 2012. Kajian Intrusi Air Laut Di Kawasan Pesisir Kecamatan Rembang Kabupaten Rembang. *Geo Image.* 1(1) : 21-27.
- Rangkuti AM, Cordova MR, Rahmawati A, Yulma, Adimu, HE. 2017. *Ekosistem Pesisir dan Laut Indonesia.* Jakarta: Bumi Aksara. 482 hlm.
- Richards DR, Friess DA. 2015. Rates and drivers of mangrove deforestation in Southeast Asia, 2000–2012. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1510272113](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1510272113) [diakses 24 Mei 2020].
- Salim AG, Siringgoringgo HH, Narendra BH. 2016. Pengaruh Penutupan Mangrove Terhadap Perubahan Garis Pantai Dan Intrusi Air Laut Di Hilir Das Ciasem Dan Das Cipunegara, Kabupaten Subang. *J. Manusia dan Lingkungan.* 23(3):319-326.
- Shammi M, Rahman MM, Bondad SE, Doza MB. 2019. Impacts of Salinity intrusion in Community Health: A Review of Experiences on Drinking Water Sodium from Coastal Areas of Bangladesh. *Healthcare.* 7(1) : 50. doi: 10.3390/healthcare7010050.
- Solihuddin et al. 2020. Dinamika Perubahan Garis Pantai Di Perairan Teluk Banten Dan Sekitarnya. *Jurnal Geologi Kelautan.* 18(2):73-86.
- Suhartono E, Purwanto P, Suripin S. 2015. Seawater Intrusion Modeling on Groundwater Confined Aquifer in Semarang. *Procedia Environment Sciences.* 23: 110-115. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.017>.
- Widada S. 2007. Gejala Intrusi Air Laut di Daerah Pantai Kota Pekalongan. *Ilmu Kelautan.* 12(1) : 45-52.
- Xiao Y, Gu X, Yin S, Shao J, Cui Y, Zhang Q, Niu Y. 2016. Geostatistical interpolation model selection based on ArcGIS and spatio-temporal variability analysis of groundwater level in piedmont plains, northwest China. *SpringerPlus.* 5(1). Xiao, Y., Gu, X., Yin, S., Shao, J., Cui, Y., Zhang, Q., & Niu, Y. (2016). doi:10.1186/s40064-016-2073-0.