

## VARIASI TEMPORAL KADAR SAKSITOKSIN DALAM KEKERANGAN DARI PERAIRAN TANJUNG BALAI, SUMATRA UTARA

### *Temporal Variation of Saxitoxin Content in Mussels from Tanjung Balai Waters, North Sumatra*

Hedi Indra Januar \*, Dwiytitno, Umi Annisah, dan Ajeng Kurniasari Putri

Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Badan Riset dan Sumber Daya Manusia  
Kelautan dan Perikanan, Jl. KS.Tubun Petamburan VI, Slipi, Jakarta, Indonesia

\*Korespondensi Penulis: idjanuar@gmail.com

Diterima: 22 Juli 2019; Direvisi: 8 November 2019; Disetujui: 5 Desember 2019

#### ABSTRAK

Kekerangan merupakan salah satu biota ekonomi penting di sektor perikanan. Namun, dengan sifatnya sebagai *filter feeder*, pencemaran lingkungan perairan dapat mempengaruhi keamanan pangannya, misalnya pencemaran senyawa saksitoksin, yang sering terakumulasi di biota kekerangan. Saksitoksin adalah senyawa yang dihasilkan oleh fitoplakton perairan, sehingga kadarnya dapat bervariasi secara temporal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi temporal secara musiman (muson timur, peralihan, dan barat) dari kadar saksitoksin pada tiga jenis biota kerang ekonomis (*Anadara granosa*, *Anadara antiquata*, dan *Polymesoda erosa*) yang diperoleh dari Perairan Tanjung Balai. Keekerangan diketahui sebagai produk unggulan di sentra perikanan Tanjung Balai. Variasi temporal kadar saksitoksin dihubungkan dengan kualitas air, untuk mengetahui korelasinya terhadap lingkungan tempat hidup kekerangan. Kualitas air dianalisis secara *in situ* menggunakan metode potensiometri dan kolorimetri, sementara kuantifikasi saksitoksin dilakukan menggunakan teknik spektrometri massa. Hasil analisis memperlihatkan bahwa kadar saksitoksin dari ketiga jenis kerang bervariasi antara 0,04 hingga 0,16 mg STXe<sub>q</sub>/kg berat basah kerang. Hal ini menunjukkan kekerangan di wilayah ini aman dari bahaya saksitoksin (ambang maksimum 0,8 mg STXe<sub>q</sub>/kg). Kadar bahan berbahaya ini tidak secara signifikan ( $P > 0,05$ ) dipengaruhi oleh ukuran dan jenis kerang. Namun, akumulasinya di musim muson barat secara signifikan ( $P < 0,05$ ) lebih tinggi dibandingkan dengan musim muson timur dan peralihan. Hal ini diduga terkait dengan musim penghujan di musim barat yang meningkatkan polusi nutrisi akibat limpasan terestrial. Kondisi ini diduga memicu peningkatan pertumbuhan fitoplakton, termasuk jenis penghasil saksitoksin, sehingga memicu peningkatan akumulasinya di kekerangan.

**KATA KUNCI:** kekerangan, saksitoksin, kualitas air, Perairan Tanjung Balai

#### ABSTRACT

Marine mussels are important economic resources in fisheries sector. However, due to their filter feeder characteristic, environmental water pollution may affect their safety as food. For example, saxitoxin is one of dangerous chemical substances that usually accumulate in marine mussels. This substance is produced by phytoplankton; thus, the temporal content of saxitoxin in mussel may vary. This research aimed to analyze the temporal variations (east, intermediate, and west monsoon seasons) of saxitoxin from three economical marine mussels (*Anadara granosa*, *Anadara antiquata*, dan *Polymesoda erosa*) that were taken from Tanjung Balai Waters, Indonesia. Mussels are known as the most important fisheries product from this region. Temporal variation of saxitoxin was correlated to water quality, to analyze the relationship between saxitoxin accumulation with marine mussel environment. Water quality was analyzed *in situ* by potentiometric and colorimetric, while saxitoxin concentration was quantified by mass spectroscopic method. Results of this study showed that saxitoxin was found at 0.04 to 0.16 mg/kg wet weight of the sample. Thus, it may consider as safe, as the safety level of saxitoxin is recommended at below 0.8 mg/kg. The level of saxitoxin was not found to be significantly ( $P > 0.05$ ) different between the size and the type of the mussels. However, saxitoxin from mussels that were collected during west monsoon season was significantly ( $P < 0.05$ ) higher than those collected during east and intermediate seasons. It is suggested that the rainy season which coincides with the west monsoon season in Indonesia, may increase the terrestrial run-off that contains nutrient pollutants. This condition may alter the composition of phytoplankton, including the saxitoxin producing phytoplankton, thus increase the accumulation of saxitoxin in mussels.

**KEYWORDS:** marine mussels, saxitoxin, water quality, Tanjung Balai Waters

## PENDAHULUAN

Saksitoksin merupakan senyawa kimia hasil metabolisme dari jenis fitoplakton HAB (*Harmful Algae Bloom*). Contoh dari fitoplakton penghasil saksitoksin ini adalah genus *Alexandrium* dan *Gymnodinium* (McNamee et al., 2016). Asupan senyawa berbahaya ini dapat menyerang sistem syaraf dan menyebabkan kematian (Sudarmiati & Zaman, 2010). Pada interaksinya dengan lingkungan, HAB melepaskan senyawa saksitoksin ke badan air sebagai hasil samping dari proses proliferasi dan agregasi (Gainey, Shumway, & Shumway, 1988). Senyawa ini terakumulasi di biota-biota air, terutama biota sessile seperti kekerangan, yang bersifat sebagai *filter feeder*. Kondisi keracunan saksitoksin yang disebabkan karena konsumsi kekerangan disebut dengan *Paralytic Shellfish Poisoning* (PSP). Peristiwa PSP di produk kekerangan sering kali terjadi, misalnya di Pahang (Malaysia), Bohai (Cina), Jihnae-Masan Bay (Korea), dan juga di Pesisir Canada (Liu et al. 2017; Mohammad-Noor et al. 2018; Shin, Li, Kim, Park, & Lim, 2017). Di Indonesia, keracunan kerang yang telah menyebabkan korban jiwa sudah terjadi, misalnya di Cirebon (Nurlina, 2016). Oleh karena itu telaah akumulasi bahan pencemar ini sangat penting dilakukan untuk menjamin keamanan pangan produk kekerangan.

Penelitian tentang kadar saksitoksin dalam kekerangan dari berbagai wilayah Indonesia masih terbatas. Penelurusan di media ilmiah Indonesia mengenai telaah saksitoksin di kekerangan baru dilakukan di beberapa wilayah perairan, seperti Teluk Jakarta, Teluk Lampung, dan Teluk Panimbang (Andayani & Sumartono, 2012; Kusnopranto,

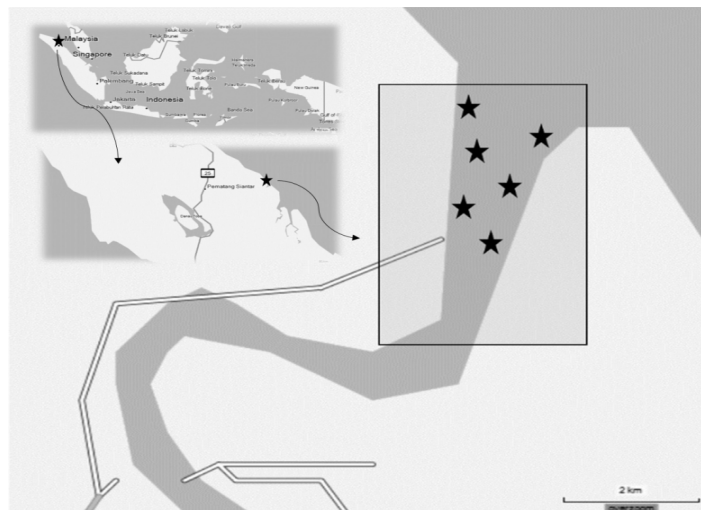
Moersidik, Makmur, & Dwiyitno, 2013; Makmur, Murdahayu, Moersidik, Wisnubroto, & Kusnopranto, 2014; Widiarti, Kurnia, & Razi, 2013). Selain itu, pengamatan variasi temporal seperti musiman juga terbatas. Pengamatan umumnya dilakukan terhadap struktur komunitas fitoplakton, seperti yang dilakukan oleh Nastiti dan Hartati (2016) di Teluk Jakarta dan Mujib, Damar dan Wardiatno (2015) di Teluk Makassar. Pengamatan secara musiman ini sangat penting, karena diduga arah angin berpengaruh ke karakteristik perairan. Variasi karakteristik ini diduga mempengaruhi komposisi komunitas fitoplakton, sehingga terjadi variasi kadar saksitoksin yang terakumulasi di kekerangan.

Hal ini yang mendasari dilaksanakannya penelitian ini, yang bertujuan untuk mengetahui variasi temporal dari kadar saksitoksin dari kekerangan pada suatu area, agar didapatkan korelasinya terhadap karakteristik habitat airnya. Target lokasi penelitian adalah di Tanjung Balai, Sumatra Utara, mengingat kota di pesisir timur Pulau Sumatra ini telah dikenal sebagai sentra perikanan kekerangan dan dijuluki sebagai kota kerang.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan baku kekerangan sebanyak 10 kg dari Perairan Tanjung Balai ditangkap di habitatnya dengan bantuan nelayan. Lokasi pengambilan sampel dengan 6 titik ulangan direkam dalam perangkat GPS Garmin dan diplot ke peta GPSTMap pada perangkat lunak *Basecamp Garmin* (Gambar 1). Tiga jenis kekerangan



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel kekerangan di Perairan Tanjung Balai  
Figure 1. Sampling location of mussels in Tanjung Balai Waters

Tabel 1. Berat basah daging keckerangan yang diambil dari Perairan Tanjung Balai, Sumatra Utara  
 Table 1. Wet weight of mussels tissue from Tanjung Balai Waters, North Sumatra

Nama spesies/ Species name	Ukuran/size		
	Besar/ Big (g)	Sedang/ Intermediate (g)	Kecil/ Small (g)
Kerang darah/ <i>Anadara granosa</i>	3.98±0.62	1.58±0.26	0.79±0.14
Kerang bulu/ <i>Anadara antiquata</i>	8.00±2.25	3.33±0.93	1.87±0.27
Kerang kepah/ <i>Polymesoda erosa</i>	6.13±1.20	2.15±0.35	1.12±0.17

yaitu kerang darah (*Anadara granosa*), kerang bulu (*Anadara antiquata*), dan kerang kepah (*Polymesoda erosa*), diambil dari tiap titik pengamatan. Selanjutnya, keseluruhan sampel yang didapatkan di lapangan dikelompokkan berdasarkan ukurannya, yaitu besar, sedang, dan kecil. Berat daging dari tiap kelompok ditimbang sehingga menghasilkan data seperti pada Tabel 1. Sampel selanjutnya disimpan dalam *coolbox* dengan suhu yang dipertahankan sekitar 4°C dengan cara penambahan es curah. Selain itu, air di setiap titik pengambilan sampel juga diambil untuk pengujian kadar nutrisi dan variabel kimia air lainnya.

**Metode**

Pengambilan sampel dan pemantauan kadar nutrisi serta parameter kimia air di habitat keckerangan dilakukan sebanyak tiga kali dalam satu tahun di bulan April, Juli, dan November 2018. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan data pengamatan temporal secara musiman. Bulan April merupakan akhir dari musim muson timur, bulan Juli merupakan musim peralihan, sementara bulan November adalah awal dari musim muson barat.

**Analisis kualitas air**

Variabel temperatur, pH, DO (*Dissolved Oxygen/* Oksigen Terlarut), dan salinitas, dianalisis menggunakan *handled* potensiometri (HACH HQ40d dan Eutech Salt +6 Salt-meter), sementara fosfat, nitrat, dan amonia, dianalisis menggunakan *handled* kolorimetri (HACH DR-890). Nilai pH diukur sebagai pHT dari elektrode pH yang dikalibrasi menggunakan buffer tris dalam air laut sintetis (Nemzer & Dickson, 2005).

**Kuantifikasi saksitoksin**

Kuantifikasi saksitoksin dilakukan dengan menggunakan metode Harju et al. (2015). Daging kerang dipisahkan dari kulitnya dan dicuci dengan akuades hingga bersih. Sampel kerang dari tiap jenis, ukuran, dan titik sampling, selanjutnya

dihomogenisasi dan dikeringkan dalam oven. Kadar air tiap sampel diukur, untuk konversi berat saksitoksin yang ditemukan ke berat basah sampel. Lima gram hasil homogenisasi dicuplik sebanyak 3 ulangan, lalu diekstraksi dalam 4 mL asetonitril dan air (4/1, v/v). Sampel disonifikasi selama 30 menit dan disentrifuge dengan kecepatan 5.000 rpm selama 5 menit. Selanjutnya, sampel disaring menggunakan kertas saring berukuran pori 20-25 µm (whatmann 41). Proses ini diulangi sebanyak 3 kali. Larutan hasil saringan disatukan dan dipekatkan hingga 1 mL mempergunakan *freeze concentrator*. Satu mL larutan ini selanjutnya disaring (0,45 µm) dan diinjeksikan ke sistem KCKT (Kromatografi Cair Kinerja Tinggi) dengan detektor spektrometer massa (SM). Sistem KCKT-SM (Shimadzu IT-TOF 2010) mempergunakan fasa diam silika fasa balik C<sub>18</sub> (150 x 2,5 mm) dan fasa gerak gradien air ke asetonitril (90% air ke 100% asetonitril selama 30 menit). Laju alir fasa gerak adalah 0,2 mL/menit, dengan detektor di atur pada *SIM* (*Selected Ion Mode*) untuk target m/z saksitoksin pada 300 dan prekursoranya di m/z 282. Kadar saksitoksin di sampel kerang diperoleh dari perbandingan luas area puncak massa m/z 300 pada sampel terhadap regresi luas area seri standar (MaxSignal® Saxitoxin Elisa Test Kit 1034-02) pada 10-100 ppm.

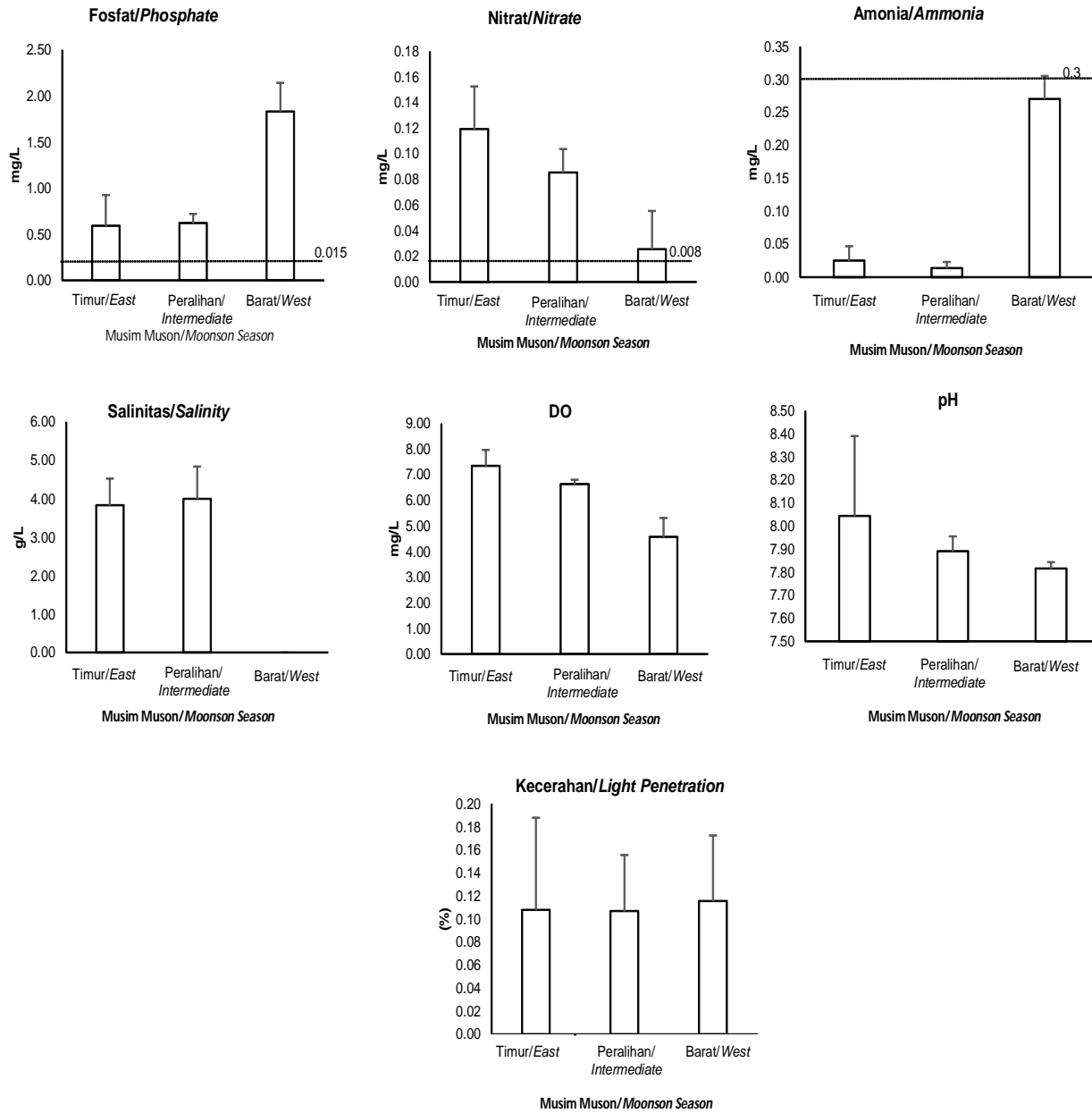
**Pengolahan data**

Analisis statistika non-parametrik Kruskal-Wallis dipergunakan untuk mengetahui perbedaan yang signifikan dalam tiap variabel kualitas air secara temporal serta kadar saksitoksin dalam jenis dan ukuran yang berbeda. Analisis statistik lanjutan dilakukan menggunakan metode multivariat diskriminan. Sebelum uji ini, data lingkungan di transformasi terlebih dahulu menggunakan log (1+x) seperti yang dilakukan oleh Huang et al. (2011). Uji multivariat dilakukan untuk mengetahui ciri parameter air di tiap waktu pengambilan sampel (muson timur, peralihan, dan barat). Selanjutnya, relasi antara parameter air dan variasi kadar saksitoksin di keckerangan juga ditelaah. Sebelum uji tersebut, kadar

saksitoksin yang ditemukan dibagi ke tiga kelompok (rendah, sedang, dan tinggi). Pengelompokan dilakukan dengan membuat batas yang dihasilkan dari rentang yang sama dari kadar saksitoksin terendah ke tertinggi. Hal ini dilakukan selaras penelitian Januar et al. (2015), untuk memenuhi persyaratan uji relasi kelompok dalam analisis statistik multivariat diskriminan. Keseluruhan uji statistik dilakukan dengan perangkat lunak *Past Statistical Software V3.08* (Hammer, Harper, & Ryan, 2001).

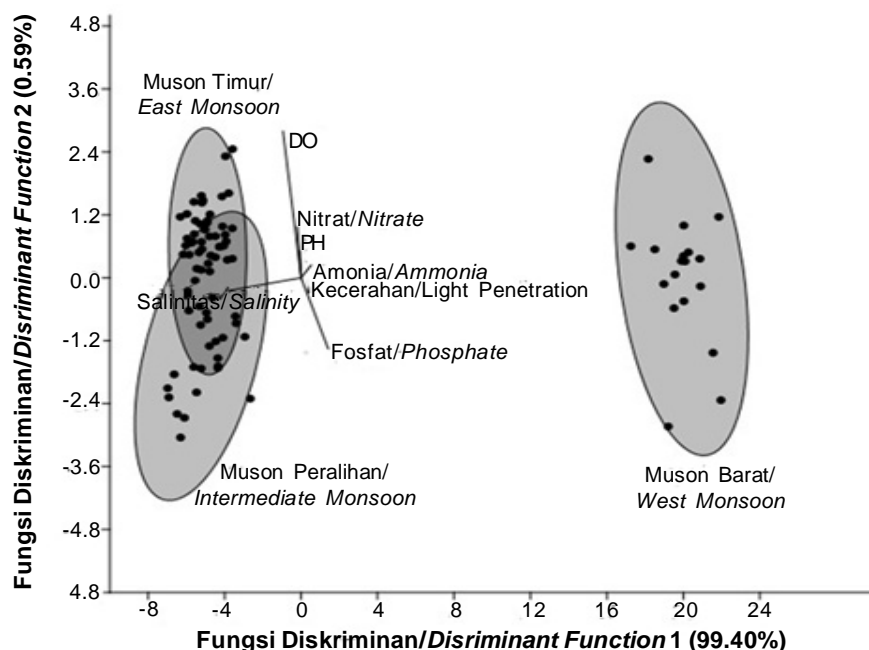
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan data kualitas air di habitat kekerangan Tanjung Balai menunjukkan ada beberapa nilai yang melebihi ambang batas baku mutu air laut yang telah ditetapkan dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51/2004 (Gambar 2). Nilai ini adalah kadar nutrisi fosfat (ambang batas 0,015 mg/L) dan nitrat (ambang batas 0,008 mg/L). Hal yang selaras juga terlihat pada kadar amonia di musim muson barat,



Gambar 2. Parameter fisika-kimia air di habitat kekerangan Perairan Tanjung Balai, Sumatra Utara pada 3 musim yang berbeda

Figure 2. Physico-chemical parameter of water from marine mussels habitat in Tanjung Balai Waters, North Sumatra at 3 different seasons



Gambar 3. Analisis diskriminan parameter kualitas air di habitat kekerangan Perairan Tanjung Balai, Sumatra Utara

Figure 3. Discriminant analysis of water quality from mussels habitat in Tanjung Balai Waters, North Sumatra

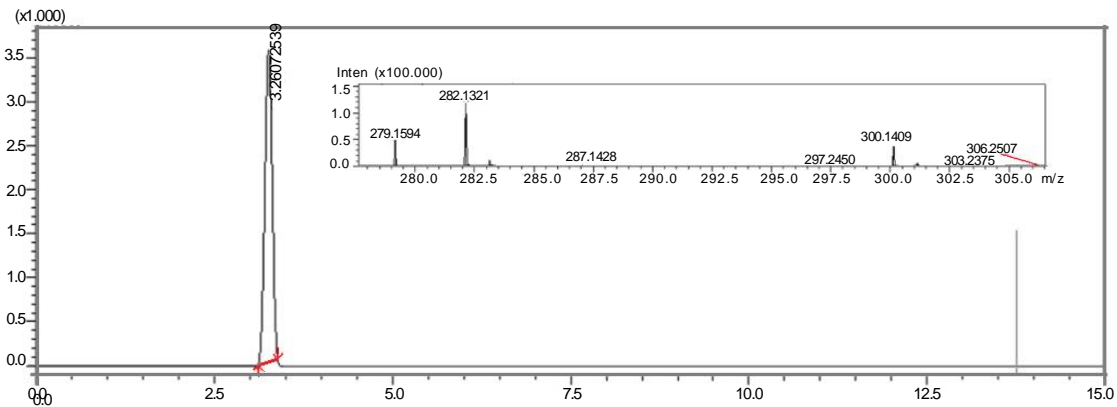
yang di beberapa titik mendekati baku mutunya (ambang batas 0,3 mg/L). Sementara itu parameter kimia-fisika lainnya terlihat masih masuk dalam baku mutu air laut untuk biota laut.

Lokasi habitat kekerangan yang terletak di muara sungai yang mengalir dari hulunya di Danau Toba diduga menjadi penyebab tingginya kadar nutrisi (fosfat, nitrat, dan amonia). Limpasan antropogenik tanpa remediasi yang optimal, misalnya dari lahan pertanian, domestik, maupun budidaya perikanan, di sepanjang sungai dari hulu dapat menyebabkan peningkatan nutrisi di perairan muara (Huang, Xie, Yin, & Zhou, 2018; Macias, Gorriz, & Stips, 2018; Putri, Lou, Syai'in, Ou, & Wang, 2018).

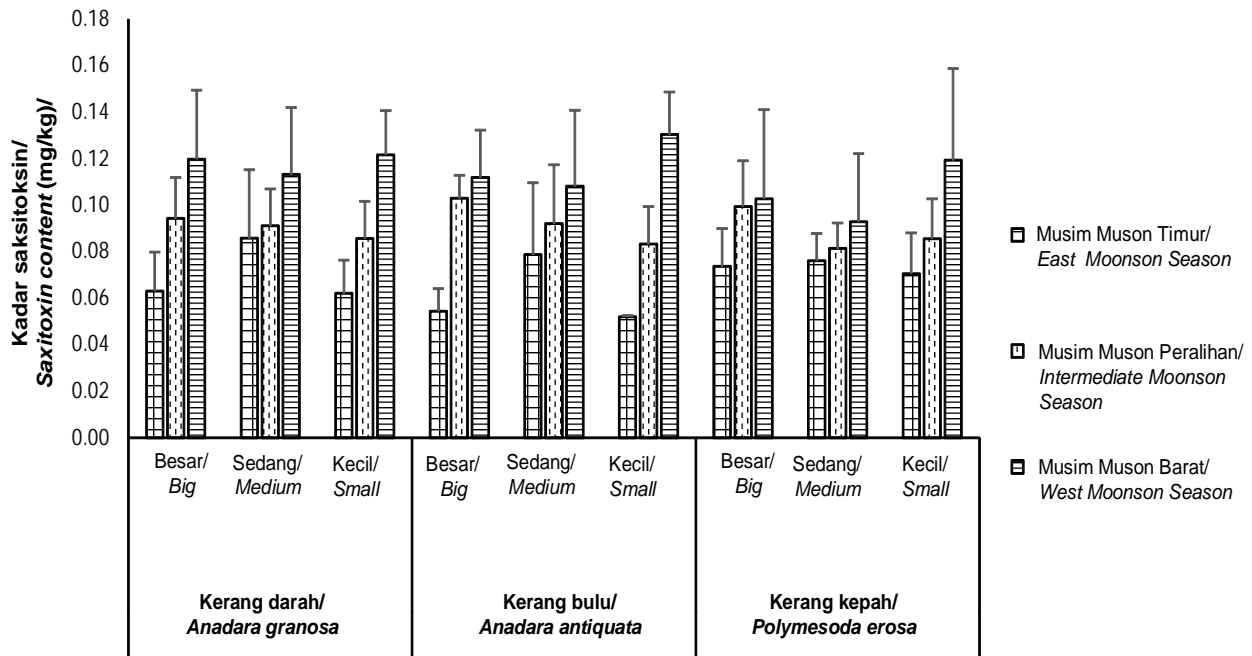
Pengujian secara statistik menunjukkan bahwa kadar fosfat dan amonia secara signifikan ( $P < 0,05$ ) lebih tinggi di musim barat. Sebaliknya, kadar DO, nitrat, dan salinitas secara signifikan ( $P < 0,05$ ) lebih kecil di musim barat jika dibandingkan dengan waktu pengambilan sampel lainnya. Penelaahan multivariat selanjutnya menerangkan bahwa kualitas air pada musim muson timur dan peralihan tidak berbeda secara nyata ( $P > 0,05$ ), sementara kualitas air pada musim muson barat berbeda secara signifikan ( $P < 0,05$ ) dari dua musim yang diamati (Gambar 3). Ciri utama di musim muson barat adalah salinitas yang rendah, dan nutrisi fosfat serta amonia yang tinggi ( $F1\ 99,55\%$ ).

Penurunan salinitas yang disertai dengan nutrisi tinggi menunjukkan peningkatan limpasan dari wilayah terestrial dibandingkan dengan dinamika pasang dan surut dari wilayah laut (Fernandes, Kessarkar, Suja, Ray, & Bhat, 2018; Rodríguez-Gómez, Aké-Castillo, & Vázquez, 2019). Di wilayah Tanjung Balai, hal ini diduga dipengaruhi oleh musim penghujan yang datang saat musim barat. Pengamatan secara visual menunjukkan tingginya biota *Eichhornia crassipes* (enceng gondok) yang terapung di sepanjang sungai menuju muara pada pengamatan lingkungan di musim barat.

Sementara itu, sistem analisis KCKT-SM mendeteksi saksitoksin di menit ke 3,2 pada bobot molekul  $m/z\ 300$  (Gambar 4). Identifikasi saksitoksin diperkuat dengan adanya *base peak* stabil yang berada pada  $m/z\ 282$  (Harju et al., 2015). Sistem kuantifikasi juga baik, dengan linearitas yang berada pada faktor determinasi ( $R^2$ ) 0,99. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa kadar saksitoksin dari kekerangan berkisar antara 0,04-0,16 mg/kg berat basah (Gambar 5). Perbedaan ukuran tidak menjadi penyebab perbedaan kadar saksitoksin ( $P > 0,05$ ). Namun, waktu pengambilan sampel menunjukkan hal yang sebaliknya. Kadar saksitoksin secara signifikan ( $P < 0,05$ ) lebih tinggi di musim barat jika dibandingkan dengan musim timur dan peralihan. Rataan di musim timur dan peralihan adalah 0,07 dan 0,09 mg/kg,



Gambar 4. Diagram kromatografi dari saksitoksin dalam sistem KCKT-SM  
 Figure 4. Chromatogram of saxitoxin in LC-MS system



Gambar 5. Kadar saksitoksin di kekerangan asal Perairan Tanjung Balai, Sumatra Utara  
 Figure 5. Saxitoxin content of marine mussels from Tanjung Balai Waters, North Sumatra

sementara rata-rata di musim barat meningkat hingga 0,11 mg/kg.

Tidak berbeda nyatanya kadar saksitoksin dari tiga jenis kerang memperlihatkan bahwa senyawa ini dapat terakumulasi di berbagai jenis kekerangan. Selain itu, dengan kadarnya yang selaras antara ukuran, maka kekerangan berukuran besar berpotensi memiliki jumlah saksitoksin yang lebih tinggi. Namun, peningkatan kadar saksitoksin pada kekerangan dari Tanjung Balai ini masih dalam batas aman. Batas

maksimum saksitoksin dalam kekerangan adalah sebesar 80 ug STXeq/100 g, atau 0,8 mg STXeq/kg (Ortiz, Navarro, Pizarro, Villanueva, & Segura, 2019). Data dari hasil penelitian lain di Indonesia memperlihatkan kadar saksitoksin di kekerangan dari Teluk Jakarta ditemukan antara 0,14-0,9 mg STXeq/kg, sementara dari Teluk Ambon dapat mencapai hingga 3,92 mg STXeq/kg (Andayani & Sumartono, 2012; Pello, Haumahu, Huliselan, & Tuapattinaja, 2017). Sementara itu, hasil penelitian lainnya memperlihatkan kadar saksitoksin maksimum 1,98

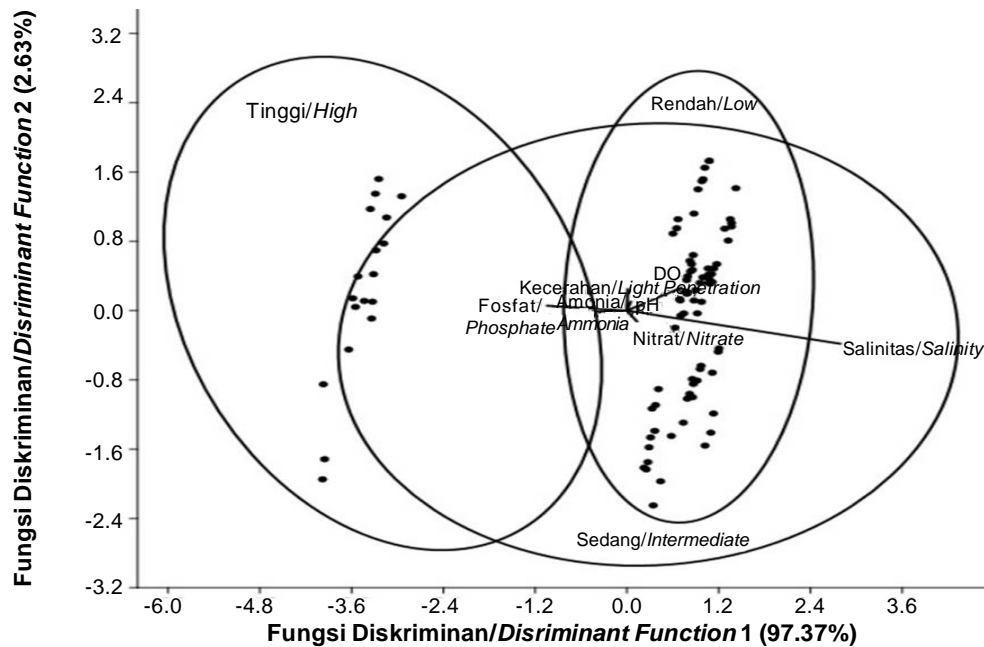
mg STXeq/kg ditemukan dalam kekerangan asal Korea dan sebesar 0,3 STXeq/kg asal Malaysia (Shin, Jo, Kim, & Kang, 2018). Bahkan di wilayah pelabuhan Kuantan, Malaysia, kadar akumulasi saksitoksin dapat mencapai 35 mg STXeq/kg (Mohammad-Noor et al. 2018). Oleh karena itu, data ini memperlihatkan bahwa kadar saksitoksin dari kekerangan asal Tanjung Balai (0,04-0,16 mg STXeq/kg) tergolong rendah.

Peningkatan kadar saksitoksin yang signifikan di musim barat menunjukkan dugaan keselarasan dengan peningkatan limpasan antropogenik. Pengujian multivariat menunjukkan bahwa kelompok kekerangan yang hidup di perairan dengan kadar fosfat dan amonia lebih tinggi cenderung memiliki saksitoksin dalam jumlah yang lebih tinggi (Gambar 6). Kecenderungan ini diduga terkait dengan adanya hubungan antara keberadaan fitoplakton penghasil saksitoksin dengan nutrisi di lingkungannya.

Populasi HAB dapat meningkat pada perairan yang memiliki kandungan nutrisi tinggi (Prabhudessai, Vishal, & Rivonker, 2019). Karakteristik dari populasi ini beragam dan terlihat dari fluktuasi populasi HAB di berbagai wilayah perairan, seperti di Teluk Lampung, Pesisir Semarang dan Waduk Panglima Besar Jendral Soedirman di Banjarnegara (Barokah, Putri, & Gunawan, 2017; Sari, Haeruddin, & Rudiyaniti, 2017; Widyastuti, Sukanto, & Setyaningrum, 2015). Interaksi produsen saksitoksin dan komunitas

biologisnya ini yang dapat menjadi pemicu produksi saksitoksin (Griffin, Park, & Dam, 2019). Struktur komunitas ini juga tergantung pada karakteristik lingkungannya. Nutrien menjadi faktor utama pemicu ledakan fitoplankton, dan rasio antar komponen nutrisi di perairan menjadi penentu struktur komunitas fitoplankton (Glibert, 2017). Misalnya peningkatan nutrisi ammonium hanya akan meningkatkan jenis *Chaetoceros*, *Nitzschia*, *Climacodium*, *Ceratium*, *Eucampia*, *Lauderia*, *Protoperdinium*, dan *Rhizosolenia*, sedangkan peningkatan nitrat akan menyebabkan dominasi jenis *Alexandrium* (Meirinawati & Fitriya, 2018). Variasi ini dapat menyebabkan perbedaan akumulasi saksitoksin di kekerangan, baik secara temporal maupun spasial.

Selain nutrisi, faktor lingkungan lainnya juga berpengaruh terhadap HAB dan produksi saksitoksinnya. Sebagai contoh, Gedaria, Luckas, Reinhardt, dan Azanza (2007) menemukan bahwa pada percobaan di lingkungan terkontrol, saksitoksin terdeteksi diproduksi lebih tinggi di suhu perairan tropis (32-35 °C) dan salinitas yang tinggi (26-36 ppt). Hal lainnya, seperti kadar oksigen, pH, dan penetrasi cahaya juga berpengaruh, dengan sifat HAB sebagai biota produsen. Pada wilayah perairan tempat penangkapan kekerangan di Tanjung Balai, suhu dan salinitas tidak terdeteksi menjadi faktor utama yang menyebabkan peningkatan kadar saksitoksin secara



Gambar 6. Fungsi diskriminan dari variabel kualitas air terhadap kadar saksitoksin di kekerangan asal Perairan Tanjung Balai, Sumatra Utara

Figure 6. Discriminant function of water quality variables against saxitoxin concentration in mussels from Tanjung Balai Waters, North Sumatra

seasonal. Hal ini diduga disebabkan oleh rentang yang rendah dari kedua variabel tersebut secara seasonal di perairan Tanjung Balai. Oleh karena itu, nutrisi yang terdeteksi menjadi faktor yang mempengaruhi variasi temporal. Walaupun pada musim muson timur nitrat sangat tinggi, namun fosfat dan amoniumnya rendah, sehingga komposisi fitoplaktonnya tidak memicu HAB untuk menghasilkan toksin dalam jumlah tinggi. Sebaliknya pada muson barat, tingginya limpasan terestrial, dengan fosfat dan ammonium tinggi, menyebabkan perubahan komposisi fitoplakton dan memicu peningkatan produksi saksitoksin.

## KESIMPULAN

Variasi temporal menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap kadar saksitoksin di kekerangan dari Tanjung Balai, Sumatra Utara. Perubahan komposisi nutrisi pada muson barat, yaitu saat terjadinya musim hujan, diduga dapat meningkatkan limpasan dari terestrial sehingga menyebabkan perubahan komposisi fitoplakton dan memicu produksi saksitoksin yang lebih tinggi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh kegiatan riset Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, pada tahun anggaran 2018. Ucapan terima kasih diberikan untuk Stasiun Karantina Ikan, Pengendali Mutu, dan Keamanan Hasil Perikanan Tanjung Balai, Sumatra Utara, atas bantuan dan kerjasamanya selama pelaksanaan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

Andayani, W., & Sumartono, A. (2012). Saxitoxin in Green Mussels (*Perna viridis*, *Mytilia*), Blood Cockle (*Anadara granosa*) and Feathers Cockle (*Anadara antiquata*, *Arcidae*) using high pressure liquid. *Journal of Coastal Development*, 15(3), 252-259.

Barokah, G. R., Putri, A. K., & Gunawan, G. (2017). Kelimpahan fitoplankton penyebab HAB (*Harmful Algal Bloom*) di Perairan Teluk Lampung pada musim barat dan timur. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 11(2), 115-126.

Fernandes, L.L., Kessarkar, P.M., Suja, S., Ray, D. & Bhat, M. (2018). Seasonal variations in the water quality of six tropical micro-and mesotidal estuaries along the central west coast of India. *Marine and Freshwater Research*, 69(9), 1418-1431.

Gainey, L, Shumway, J, & Shumway, S. (1988). A compendium of the responses of bivalve molluscs to toxic dinoflagellates. *Journal of Shellfish Reserch*, 7, 623-628.

Gedaria, A. I., Luckas, B., Reinhardt, K., & Azanza, R. V. (2007). Growth response and toxin concentration of

cultured *Pyrodinium bahamense* var. compressum to varying salinity and temperature conditions. *Toxicon*, 50(4), 518-529.

- Glibert, P. M. (2017). Eutrophication, harmful algae and biodiversity-Challenging paradigms in a world of complex nutrient changes. *Marine Pollution Bulletin*, 124(2), 591-606.
- Griffin, J.E., Park, G. & Dam, H.G. (2019). Relative importance of nitrogen sources, algal alarm cues and grazer exposure to toxin production of the marine *dinoflagellate Alexandrium catenella*. *Harmful Algae*, 84, 181-187.
- Hammer, O., Harper, D.A.T., & Ryan, P.D. (2001) Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontological Electronics*, 4(1), 1-9.
- Harju, K., Rapinaja, M.L., Avondet, M.A., Arnold, W., Schär, M., Burrell, S., Luginbühl, W. & Vanninen, P. (2015). Optimization of sample preparation for the identification and quantification of saxitoxin in proficiency test mussel sample using liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Toxins*, 7(12), 4868-4880.
- Huang, J., Xie, R., Yin, H., & Zhou, Q. (2018). Assessment of water quality and source apportionment in a typical urban river in China using multivariate statistical methods. *Water Science and Technology: Water Supply*, 18(5), 1841-1851.
- Huang, Y.C.A., Hsieh, H.J., Huang, S.C., Meng, P.J., Chen, Y.S., Keshavmurthy, S., Nozawa, Y., & Chen, C.A. (2011). Nutrient enrichment caused by marine cage culture and its influence on subtropical coral communities in turbid waters. *Marine Ecology Progress Series*, 423, 83-93.
- Januar, H.I., Chasanah, E., Tapiolas, D.M., Motti, C.A., Liptrot, C.H. & Wright, A.D. (2015). Influence of anthropogenic pressures on the bioactivity potential of sponges and soft corals in the coral reef environment. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 10(2), 51-59.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup. (2004). *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup nomor 51 tahun 2004 tentang baku air untuk biota laut*. Jakarta, Sekretariat Lingkungan Hidup.
- Kusnopranto, H., Moersidik, S., Makmur, M., & Dwiytno, D. (2013). Determinasi konsentrasi saksitoksin pada kerang hijau dari pasar di sekitar Teluk Jakarta serta bagan di Teluk Lampung dan Teluk Panimbang. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 8(2), 115-123.
- Liu, Y., Yu, R.C., Kong, F.Z., Chen, Z.F., Dai, L., Gao, Y., Zhang, Q.C., ..... & Zhou, M.J. (2017). Paralytic shellfish toxins in phytoplankton and shellfish samples collected from the Bohai Sea, China. *Marine Pollution Bulletin*, 115(1-2), 324-331.
- Macias, D., Gorriz, G. E., & Stips, A. (2018). Major fertilization sources and mechanisms for Mediterranean Sea coastal ecosystems. *Limnology and Oceanography*, 63(2), 897-914.



- Makmur, Murdahayu, Moersidik, S.S., Wisnubroto, D.S., & Kusnopranto H. (2014) Kajian risiko kesehatan konsumen kerang hijau yang mengandung saksitoksin di Cilincing Jakarta Utara. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 13(2), 165-178.
- McNamee, S.E., Medlin, L.K., Kegel, J., McCoy, G.R., Raine, R., Barra, L., Ruggiero, M.V., Kooistra, W.H., Montresor, M., Hagstrom, J., & Blanco, E.P. (2016). Distribution, occurrence and biotoxin composition of the main shellfish toxin producing microalgae within European waters: A comparison of methods of analysis. *Harmful Algae*, 55, 112-120.
- Meirinawati, H., & Fitriya, N. (2018). Effects of nutrients concentration on phytoplankton abundance in the Halmahera-Molucca Sea. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 3(3), 183-195.
- Mohammad Noor, N., Adam, A., Lim, P.T., Leaw, C.P., Lau, W.L., Liow, G.R., Muhamad Bunnori, N., Hamdan, N.A., Md Nor, A., Kemat, N., & Muniandi, D. (2018). First report of paralytic shellfish poisoning (PSP) caused by *Alexandrium tamlayanichii* in Kuantan Port, Pahang, East Coast of Malaysia. *Phycological Research*, 66(1), 37-44.
- Mujib, A. S., Damar, A., & Wardiatno, Y. (2015) Distribusi spasial dinoflagellata planktonik di perairan Makassar, Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(2), 479-492.
- Nastiti, A. S., & Hartati, S. T. (2016). Struktur komunitas plankton dan kondisi lingkungan perairan di Teluk Jakarta. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*, 5(3), 131-150.
- Nemzer, B.V. & Dickson, A.G. (2005). The stability and reproducibility of tris buffers in synthetic seawater. *Marine Chemistry*, 96(3), 237-242.
- Nurlina, A. (2016). Kejadian luar biasa *paralytic shellfish poisoning* pada konsumsi kerang hijau terkontaminasi saksitoksin di Kabupaten Cirebon, Indonesia. *Prosiding Seminar Bakti Tunas Husada*, 1(1), 135-141.
- Ortiz, A., Navarro, J.M., Pizarro, G., Villanueva, P.A. & Segura, C.J. (2019). Accumulation and biotransformation dynamics of the neurotoxic complex, saxitoxin, in different life stages of *Ostrea chilensis*. *Marine Environmental Research*, 144, 240-245.
- Pello, F. S., Haumahu, S., Huliselan, N. V., & Tuapattinaja, M. A. (2017). Concentration of PSP (Paralytic Shellfish Poisoning) toxin on shellfish from inner Ambon Bay and Kao Bay North Halmahera. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 89(1), 012031, doi: 10.1088/1755-1315/89/1/012031.
- Prabhudessai, S., Vishal, C.R. & Rivonker, C.U. (2019). Biotic interaction as the triggering factor for blooms under favourable conditions in tropical estuarine systems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(2), 54, doi:10.1007/s10661-018-7172-7.
- Putri, M., Lou, C.H., Sya'ini, M., Ou, S.H., & Wang, Y.C. (2018). Long-term river water quality trends and pollution source apportionment in Taiwan. *Water*, 10(10), doi: <https://doi.org/10.3390/w10101394>.
- Rodríguez-Gómez, C.F., Aké-Castillo, J.A. & Vázquez, G. (2019). Short-term responses of the bloom-forming dinoflagellate *Peridinium quadridentatum* in tropical coastal waters: environmental variables and phytoplankton community. *Journal of Coastal Research*, 92(1), 22-32.
- Sari, D. A., Haeruddin, H., & Rudiyaniti, S. (2017). Analisis beban pencemaran deterjen dan indeks kualitas air di sungai banjir kanal barat, Semarang, dan hubungannya dengan kelimpahan fitoplankton. *Management of Aquatic Resources Journal*, 5(4), 353-362.
- Shin, C., Jo, H., Kim, S. H., & Kang, G. J. (2018). Exposure assessment to paralytic shellfish toxins through the shellfish consumption in Korea. *Food Research International*, 108, 274-279.
- Shin, H.H., Li, Z., Kim, E.S., Park, J.W. & Lim, W.A. (2017). Which species, *Alexandrium catenella* (Group I) or *A. pacificum* (Group IV), is really responsible for past paralytic shellfish poisoning outbreaks in Jinhae-Masan Bay, Korea? *Harmful Algae*, 68, 31-39.
- Sudarmiyati, S., & Zaman, B. (2010). Mekanisme keracunan saraf akibat konsumsi kerang-kerangan yang terkontaminasi dinoflagellata beracun (Studi Literatur). *Nurse Media Journal of Nursing*, 1(1), doi: 10.14710/nmjn.v1i1.302.
- Widiarti, R., Kurnia, N. & Razi, F. (2013). Phytoplankton species composition in seawater and tissue of Green Mussels (*Perna viridis*), at Kali Baru-Cilincing, North Jakarta. *Marine Research in Indonesia*, 38(2), 67-70.
- Widyastuti, E., Sukanto, S., & Setyaningrum, N. (2015). Pengaruh limbah organik terhadap status tropik, rasio N/P serta kelimpahan fitoplankton di Waduk Panglima Besar Soedirman Kabupaten Banjarnegara. *Biosfera: A Scientific Journal*, 32(1), 35-41.

