

## **KETERKAITAN ANTARA NUTRIEN DI DALAM BIOFILM DAN AIR SEKITARNYA**

**Lutfi Ni'matus Salamah<sup>1</sup>, Anisa Retno<sup>2</sup>, Alfi Fitriana<sup>2</sup>, Andi Kurniawan<sup>1,2,3</sup>**

Pusat Studi Pesisir dan Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang

Center for Microbial Resources and Biotechnology Research, Universitas Brawijaya, Malang

Korespondensi, andi\_k@ub.ac.id

**Abstrak:** Biofilm mudah ditemukan di lingkungan perairan dan mempunyai fungsi penting di lingkungan perairan diantaranya yaitu mendaur ulang nutrien dan pemurnian polutan. Salah satu kelebihan penting yaitu kemampuan untuk menjebak dan mempertahankan nutrien terlarut didalamnya melalui mekanisme pertukaran ion. Nutrien (amonium, nitrat, nitrit, ortofosfat) di biofilm dan di air sekitarnya yang ada di Sungai Metro dan di Pantai Watu Leter diteliti selama 3 bulan. Hasilnya menunjukkan bahwa, konsentrasi amonium, nitrat, nitrit, dan ortofosfat di biofilm lebih tinggi (ratusan hingga ribuan kali) dari pada di air sekitarnya, semakin tinggi konsentrasi nutrien di air sekitar diikuti dengan semakin tinggi pula konsentrasi nutrien di biofilm yang menunjukkan bahwa konsentrasi nutrien di biofilm sebagian besar berasal dari air di sekitarnya. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa fungsional grup biofilm tidak berubah meskipun konsentrasi nutrien berbeda. Sehingga, penelitian ini menunjukkan bahwa biofilm di lingkungan alami sangat kaya akan nutrien dan menunjukkan tren yang sama dengan air di lingkungan sekitarnya.

**Kata kunci:** Biofilm, Amonium, Nitrat, Nitrit, Ortofosfat

### **PENDAHULUAN**

Biofilm di ekosistem perairan ditemukan sebagai cara utama pertumbuhan mikroba di perairan mengalir, perairan tertutup dan lautan yang kaya akan nutrien di dunia, serta terbukti terlibat aktif dalam siklus nutrien di lingkungan perairan (Guntur *et al.*, 2015). Biofilm dapat dengan mudah ditemukan di lingkungan perairan dan melakukan fungsi penting bagi lingkungan perairan termasuk daur ulang nutrien (Costerton *et al.*, 1995; Tsuchiya *et al.*, 2008) dan pemurnian polutan (Stoodley *et al.*, 1997; Lewandowski and Boltz, 2010). Biofilm secara alami disusun oleh berbagai mikroba dan bahan-bahan lain seperti *extracellular polymeric substances* (EPS). Matriks yang mengandung EPS ini memberikan berbagai keuntungan bagi mikroba yang hidup didalamnya, daripada mikroba yang hidup bebas (Lewandowski and Boltz, 2010). Salah satu keuntungan pentingnya adalah kemampuan untuk menjerap dan mempertahankan nutrien terlarut melalui mekanisme penjerapan (Costerton *et al.*, 1995) yang juga bergantung pada proses pertukaran ion.

Nutrien yang terkandung didalam biofilm dan air sekitarnya pada ekosistem sungai sudah banyak dilaporkan, namun, mengingat masih jarangnya pengetahuan tentang nutrien biofilm dan air sekitarnya pada ekosistem pantai, maka peneliti mengadakan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan nutrien di ekosistem laut untuk melengkapi pemahaman tentang nutrien di pantai, lalu membandingkan dengan kandungan nutrien di ekosistem sungai untuk melengkapi pemahaman tentang nutrien di biofilm dan air sekitarnya secara keseluruhan.

### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan di dua tempat yaitu Pantai Watu Leter (Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang, Jawa Timur) dan Sungai Metro (Malang, Jawa Timur). Stasiun pengambilan sampel di Pantai Watu Leter terbagi menjadi 3 yaitu, bagian timur pantai dekat

dengan aktifitas wisata (stasiun 1), bagian tengah dekat dengan area perkebunan dan pertanian (stasiun 2), dan bagian barat pantai yang jaraknya dekat dengan muara sungai (stasiun 3).

Lokasi pengambilan sampel di Sungai Metro juga dibagi menjadi 3 stasiun yaitu, terletak di Kelurahan Tanjungrejo, Kecamatan Sukun, Kota Malang yang dekat dengan area persawahan dan dekat dengan industri rumah pembuatan tahu (stasiun 1), bagian sungai yang dekat dengan kawasan pemukiman padat penduduk terletak di Desa Sitirejo, Kecamatan Wagir, Kota Malang (stasiun 2), dan bagian sungai yang berada dibelakang pabrik gula Desa Kebonagung, Kecamatan Pakisaji, Kabupaten Malang (stasiun 3).

Pengambilan sampel dilakukan setiap bulan selama 3 bulan berturut-turut dengan menggunakan 3 kali replikasi. Biofilm yang tumbuh di batu diambil dengan menggunakan sikat gigi yang disterilkan dalam 40 ml akuades, dibawa ke laboratorium dengan mempertahankan suhunya pada  $\pm 4^{\circ}\text{C}$ . Sampel air diambil disekitar batu yang ditumbuhi biofilm. Konsentrasi nutrien dalam suspensi diasumsikan sebagai konsentrasi nutrien yang diencerkan dalam biofilm. Konsentrasi nutrien diukur menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* Shimadzu, AA-6800 (Shimadzu Corporation, Japan).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### ***Konsentrasi nutrien di biofilm dan air sekitarnya di Pantai Watu Leter***

Penelitian ini meneliti konsentrasi nutrien di biofilm dan air sekitarnya di Pantai Watu Leter. Gambar 1 menunjukkan bahwa nutrien yang ditemukan di biofilm dan air sekitarnya yaitu ammonium, nitrat, nitrit dan ortofosfat. Hasilnya pada stasiun 1 menunjukkan bahwa konsentrasi nutrien (amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat) di biofilm dan air sekitarnya melebihi baku mutu menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, untuk biota laut yaitu; amonium (16,67  $\mu\text{M}$ ), nitrit (0,01  $\mu\text{M}$ ), nitrat (0,13  $\mu\text{M}$ ) dan ortofosfat (0,16  $\mu\text{M}$ ).

Kecenderungan yang sama juga ditunjukkan di stasiun 2 dan 3, bahwa konsentrasi nutrien di biofilm dan air sekitarnya melebihi baku mutu perairan. Tingginya konsentrasi nutrien diduga berasal dari aktifitas wisata, kegiatan pertanian serta masukan dari sungai yang menyumbang masukan nitrogen dan fosfat (Meirinawati and Muchtar, 2017) . Penelitian terdahulu (Meirinawati and Muchtar, 2017) juga melaporkan bahwa kandungan nitrogen dan fosfor di sepanjang perairan timur Pulau Bintan meningkat seiring peningkatan aktifitas manusia dan jumlah industri disekitarnya. (Li *et al.*, 2019) juga menambahkan bahwa semakin banyak sungai-sungai yang mengalir ke pantai membawa bahan organik dari daratan sehingga mengakibatkan tingginya kandungan nutrien di ekosistem pantai.

### ***Konsentrasi nutrien di biofilm dan air sekitarnya di Sungai Metro***

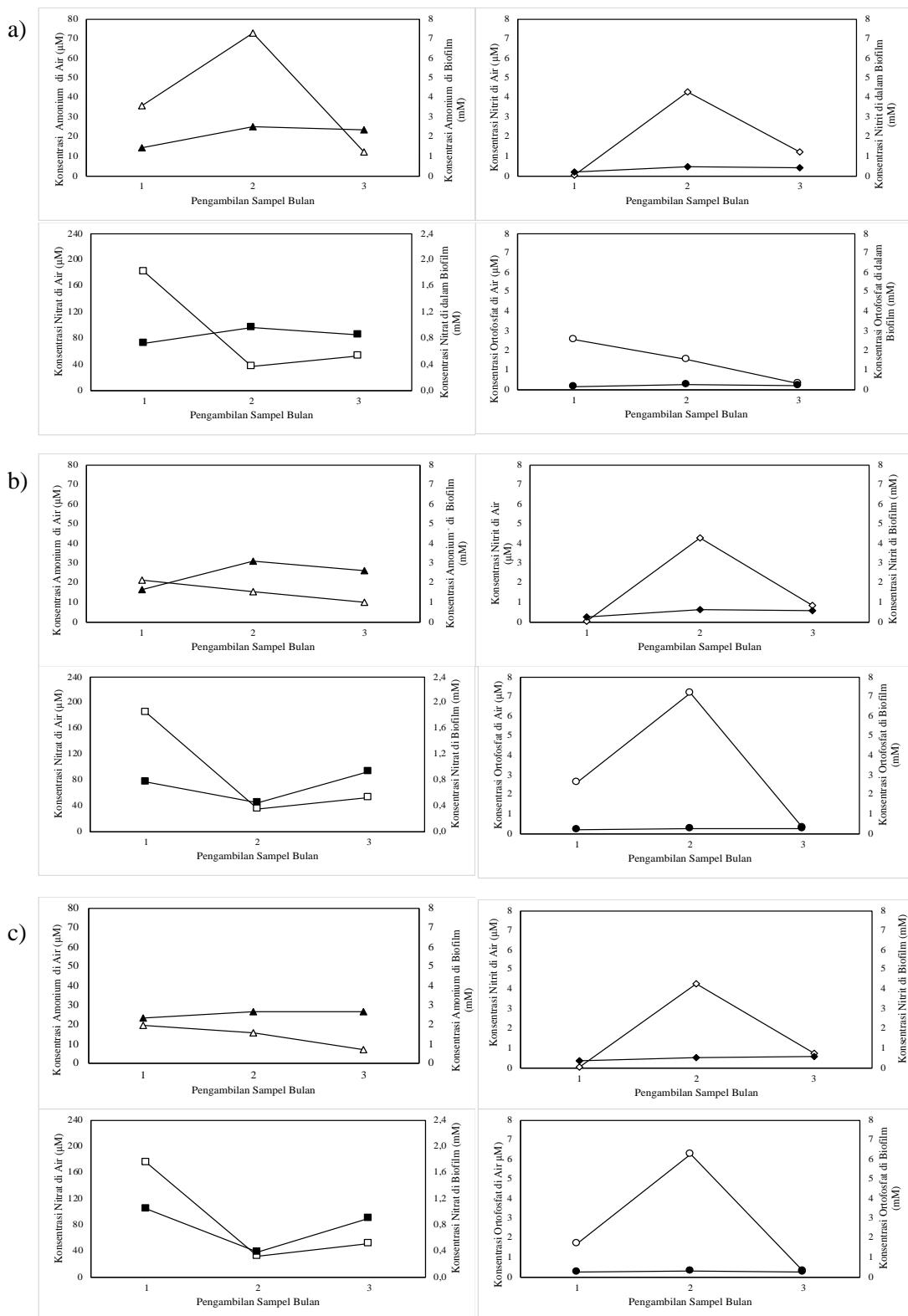
Konsentrasi nutrien di biofilm dan air sekitarnya di Sungai Metro yang diambil selama 3 bulan berturut-turut ditunjukkan di Gambar 2. Nutrien (amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat), juga ditemukan di biofilm dan air sekitarnya di Sungai Metro. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi amonium, nitrit dan ortofosfat di air pada ketiga stasiun pengambilan sampel dan nitrat (stasiun 1 dan 2) di Sungai Metro melebihi baku mutu air kelas II yaitu: amonium (0,19  $\mu\text{M}$ ), nitrit (0,09  $\mu\text{M}$ ), nitrat (161  $\mu\text{M}$ ) dan ortofosfat (2  $\mu\text{M}$ ), yang artinya air di Sungai Metro tidak dapat dimanfaatkan untuk budidaya ikan air tawar, peternakan, irigasi, dan rekreasi air.

Adanya industri tahu, aktifitas pertanian, pemukiman padat penduduk dan keberadaan pabrik gula menjadi sumber masuknya nutrien (amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat) kedalam Sungai Metro, sehingga mengakibatkan tingginya konsentrasi nutrien yang melebihi baku mutu. Kurniawan, 2018 melaporkan bahwa pada tahun 2015, konsentrasi nutrien di air di Sungai Metro yakni; amonium (13-25  $\mu\text{M}$ ), nitrat (50-70  $\mu\text{M}$ ), nitrit (0,8-1  $\mu\text{M}$ ), dan ortofosfat (0,9-3  $\mu\text{M}$ ). Hal ini menunjukkan bahwa terjadi kenaikan konsentrasi nutrien (amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat) yang signifikan dalam kurun waktu 4 tahun (2015-2019). Peningkatan konsentrasi nutrien di Sungai Metro diduga diikuti oleh peningkatan aktifitas masyarakat dan bertambahnya jumlah industri di sepanjang aliran sungai yang menyumbang masukan nutrien kedalam sungai.

## Seminar Nasional Kelautan XIV

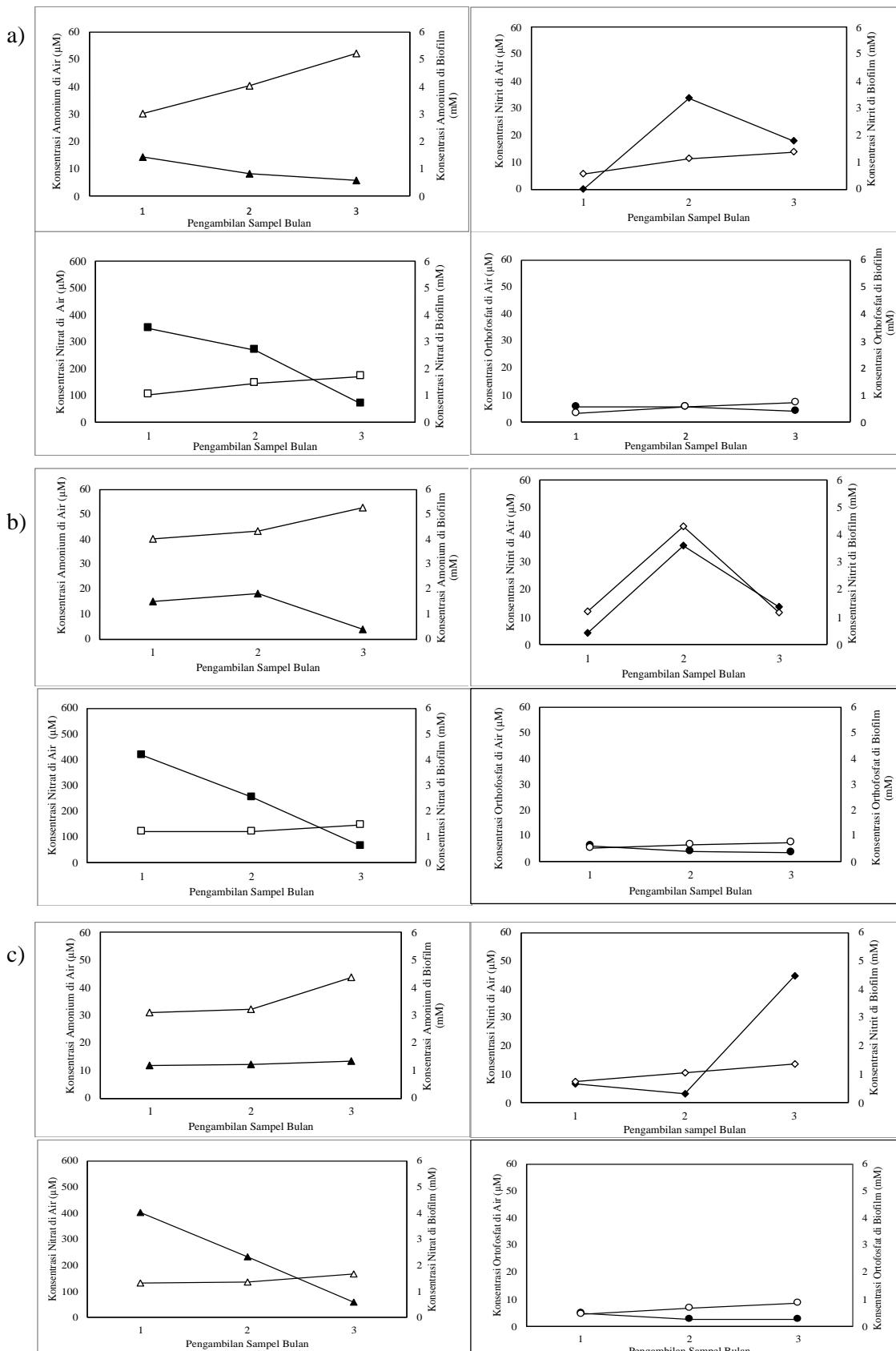
" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"

Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019



**Gambar 1.** Konsentrasi nutrien di Pantai Watu Leter di a) Stasiun 1, b) Stasiun 2, c) Stasiun 3

▲ Ammonium di air, ▲ Ammonium di biofilm, ◇ Nitrit di air, ◇ Nitrit di biofilm  
 ■ Nitrat di air, □ Nitrat di biofilm, ○ Orthofosfat di air, ● Orthofosfat di biofilm



**Gambar 2.** Konsentrasi nutrien di Sungai Metro di a) Stasiun 1, b) Stasiun 2, c) Stasiun 3

▲ Ammonium di air, ▲ Ammonium di biofilm, ◆ Nitrit di air, ◆ Nitrit di biofilm  
■ Nitrat di air, □ Nitrat di biofilm, ○ Ortofosfat di air, ● Ortofosfat di biofilm

### ***Hubungan kandungan nutrien di biofilm dan air sekitarnya***

Amonium, nitrat, nitrit dan ortofosfat selain ditemukan di biofilm ternyata juga ditemukan di air sekitarnya. Walaupun jenis nutrien yang ada di biofilm dan di air sekitarnya secara umum memiliki kesamaan, namun konsentrasi nutrien yang ada di biofilm lebih besar dari pada air sekitarnya. Begitu juga yang terjadi di Sungai Metro, konsentrasi nutrien didalam biofilm lebih tinggi dari pada yang ada di air sekitarnya.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua tempat memiliki kesamaan karakteristik yaitu tingginya konsentrasi nutrien pada biofilm dibandingkan pada air sekitarnya, yaitu ratusan bahkan ribuan kali lipat lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan hasil yang ditemukan oleh (Tsuchiya *et al.*, 2008), yang mengatakan bahwa konsentrasi nutrien yang ada didalam biofilm besarnya seratus bahkan seribu kali lebih tinggi dari pada yang ada di perairan sekitarnya.

Kandungan nutrien di air di Sungai Metro untuk masing-masing nutrien adalah lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan nutrien di air di Pantai Watu Leter. Kandungan nutrien di biofilm di Sungai Metro untuk masing-masing nutrien juga lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan nutrien di biofilm di Pantai Watu Leter. Apabila nutrien terakumulasi kedalam biofilm dari lingkungan sekitar, maka semakin tinggi konsentrasi nutrien di air akan membuat konsentrasi nutrien tersebut di biofilm akan semakin tinggi. Hal ini dapat menjelaskan kenapa nutrien di dalam biofilm di Sungai Metro lebih tinggi dibandingkan dengan di biofilm di Pantai Watu Leter.

Ada kesamaan hubungan tingkatan konsentrasi antara biofilm dikedua tempat. Urutan nutrien berdasarkan tinggi konsentrasi adalah sama pada nutrien di air sekitar dan di biofilm, ini ditemukan pada kedua jenis biofilm (Sungai Metro dan Pantai Watu Leter). Ketika jumlah nutrien di biofilm banyak, maka nutrien tersebut juga akan banyak di air sekitarnya. Kenyataan ini terjadi pada semua biofilm walaupun hidup di tempat yang berbeda. Salah satu kemungkinan terkuat yang melahirkan fakta ini adalah adanya akumulasi nutrien kedalam biofilm dari air sekitarnya. sehingga ketika kandungan nutrien di air sekitar biofilm tinggi, kandungan nutrien itu juga akan tinggi di biofilm.

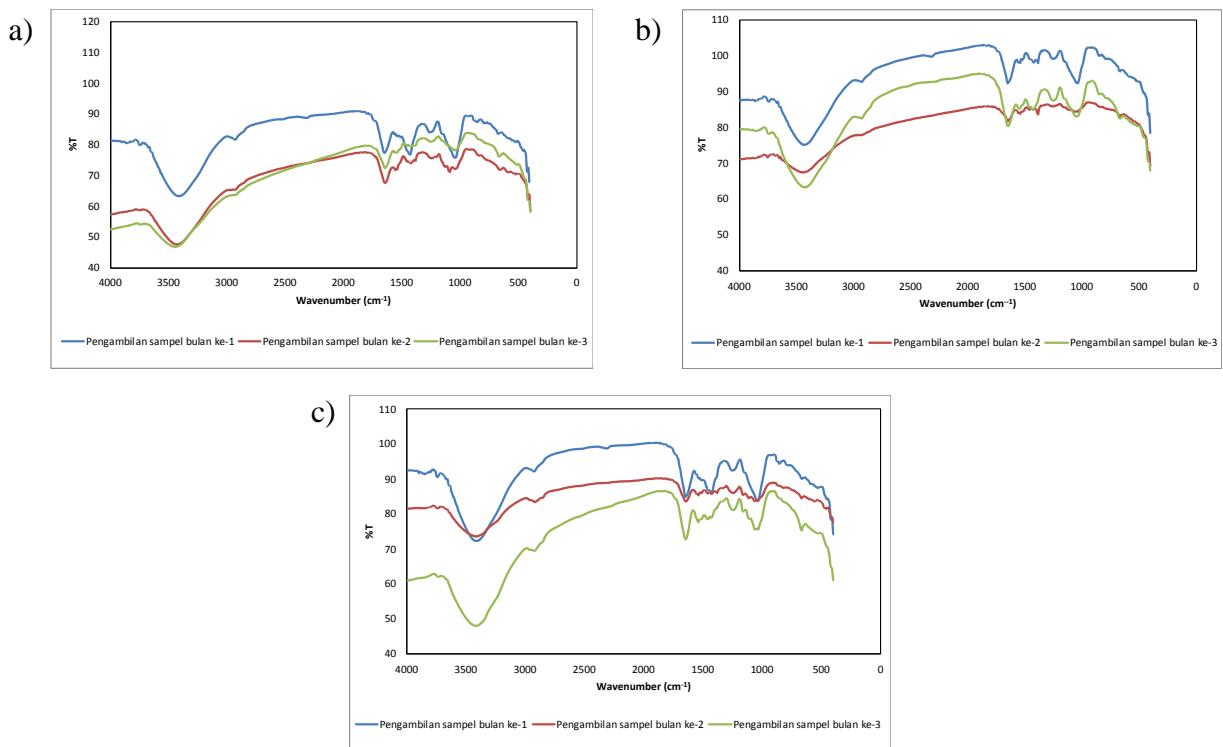
Hasil dari penelitian ini menunjukkan keadaan yang sama dengan hasil penelitian (Kurniawan *et al.*, 2012), yang menyatakan konsentrasi nutrien di air sekitar terakumulasi kedalam biofilm, sehingga nutrien didalam biofilm mencapai konsentrasi yang jauh lebih tinggi dari air sekitarnya. Keberadaan habitat kaya nutrien dalam biofilm menyebabkan biofilm menjadi lingkungan yang ideal untuk pertumbuhan bakteri. Hal ini menyebabkan komunitas bakteri dalam biofilm berbeda dengan yang ada di air sekitarnya (Kurniawan, Sukandar, *et al.*, 2018; Kurniawan, Yamamoto, *et al.*, 2018). Nutrien yang berada di dalam biofilm terikat lemah sehingga dapat dengan mudah dimanfaatkan oleh bakteri atau mikroba dalam biofilm (Guntur *et al.*, 2015). Habitat mikro nutrien didalam biofilm yang tumbuh ditempat yang berbeda mempunyai karakteristik yang sama terkait dengan konsentrasi nutrien hasil ini menunjukkan bahwa tingginya konsentrasi didalam biofilm adalah salah satu sifat atau karakteristik umum dari biofilm di ekosistem perairan.

### ***Fourrier Transform Infrared (FT-IR)***

FT-IR dianalisis untuk mengetahui fungsional grup yang ada di biofilm di Pantai Watu Leter dan Sungai Metro. Proses adsorpsi nutrien dari air ke dalam biofilm terjadi karena biofilm memiliki situs penjerap ion nutrien. Situs ini merupakan hasil ionisasi fungsional grup yang ada di biofilm polimer (Kurniawan *et al.*, 2009). Keberadaan fungsional grup pada biofilm dalam penelitian ini dianalisis dengan menggunakan *infrared* melalui analisis FTIR.

Pada Pantai Watu Leter di stasiun 1 (Gambar 3), keberadaan puncak pada serapan 3500 – 3000 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya –OH stretching, 3000 – 2800 cm<sup>-1</sup> (–C –H alkil), 1655 – 1630 cm<sup>-1</sup> (–OH bending) dan 1200 – 800 cm<sup>-1</sup> (–C –O –C glikosidik atau piranosa). Pada stasiun 2, keberadaan puncak pada serapan 3500 – 3000 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya –OH, 3000 – 2800 cm<sup>-1</sup> (–C –H alkil), 1655 – 1630 cm<sup>-1</sup> (–OH bending) dan 1200 – 800 cm<sup>-1</sup> (–C –OH side group dan –C –O –C glikosidik atau piranosa). Sedangkan pada hasil FT-IR sampling pada bulan ke-2 hanya terdapat puncak pada serapan 3500 – 3000 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan adanya –OH bending. Hasil

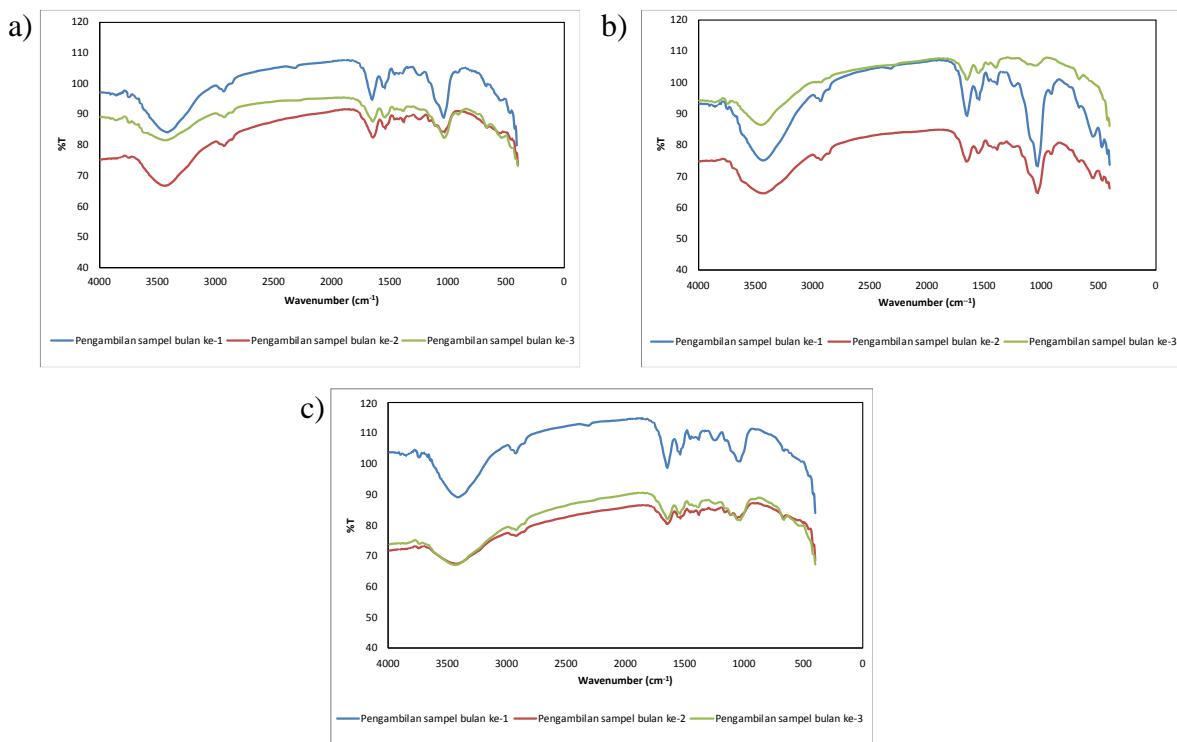
FT-IR pada stasiun 3 didapatkan puncak pada serapan  $3500 - 3000 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya  $-\text{OH}$ ,  $3000 - 2800 \text{ cm}^{-1}$  ( $-\text{C}-\text{H}$  alkil),  $1655 - 1630 \text{ cm}^{-1}$  ( $-\text{OH}$  bending) dan  $1200 - 800 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya  $-\text{C}-\text{OH}$  side group dan  $-\text{C}-\text{O}-\text{C}$  glikosidik (piranosa). Data hasil FT-IR untuk sampling pada bulan ke-2 hanya terdapat puncak pada serapan  $3500 - 3000 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya  $-\text{OH}$  dan serapan  $1655 - 1630 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya  $-\text{OH}$  bending.



**Gambar 3.** Hasil analisis FT-IR selama penelitian di Pantai Watu Leter

Hasil analisis FT-IR di Sungai Metro di biofilm stasiun 1 (Gambar 4) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan puncak dari setiap pengambilan sampel, pada daerah panjang gelombang  $3000 - 3500 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan pita yang kuat yang menandakan adanya  $\text{O} - \text{H}$ . Sedangkan pada stasiun 2, pada daerah panjang gelombang  $3000 - 3500 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan pita yang kuat yang menandakan adanya  $\text{O} - \text{H}$ , pada daerah panjang gelombang  $1500 - 2000 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya  $\text{C} = \text{C}$ , pada daerah panjang gelombang  $1000 - 1500 \text{ cm}^{-1}$  terdapat  $\text{C} - \text{N}$ . Dan di stasiun 3, daerah panjang gelombang  $3000 - 3500 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan pita yang kuat yang menandakan adanya  $\text{O} - \text{H}$ , daerah panjang gelombang  $2500 - 3000 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya  $\text{C} - \text{H}$ , panjang gelombang  $1500 - 2000 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya  $\text{C} = \text{C}$ , dan daerah panjang gelombang  $1000 - 1500 \text{ cm}^{-1}$  terdapat  $\text{C} - \text{N}$ . dengan panjang gelombang  $1035.306 \text{ cm}^{-1}$ .

Hasil analisis spektro FT-IR menunjukkan bahwa secara umum gugus fungsi pada setiap biofilm dalam penelitian ini hampir sama. Hal ini menunjukkan komposisi gugus fungsi pada polimer dari biofilm cenderung sama walaupun tumbuh pada lokasi yang berbeda. Secara umum biofilm memiliki gugus fungsi karboksil yang bermuatan listrik negatif dan gugus fungsi amino yang bermuatan positif. Hal ini menyebabkan biofilm dapat mengadsorpsi nutrien yang bersifat kation ( $\text{NH}_4^+$ ) dan yang bersifat anion ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ).

**Gambar 4.** Hasil analisis FT-IR selama penelitian di Sungai Metro

## KESIMPULAN

Nutrien (amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat) ditemukan di biofilm dan di air sekitarnya di kedua tempat penelitian, walaupun dengan konsentrasi yang berbeda. Konsentrasi nutrien di biofilm lebih tinggi ratusan hingga ribuan kali dari pada di air sekitarnya, karena biofilm mampu menjerap dan mengakumulasi nutrien dr air sekitarnya kedalam biofilm. Nutrien di Pantai Watu Leter dan Sungai Metro menunjukkan karakteristik yang sama meskipun konsentrasi berbeda. Hasil analisis spektro FT-IR menunjukkan bahwa secara umum gugus fungsional pada setiap biofilm dalam penelitian ini hampir sama.

## DAFTAR PUSTAKA

- Costerton, J. W. *et al.* (1995) 'Microbial Biofilms - Annual Review of Microbiology', 49(1):711', *Annual review of microbiology*. doi: 10.1146/annurev.mi.49.100195.003431.
- Guntur *et al.* (2015) 'Nutrient Ions During Biofilm Forming Process', *Procedia Environmental Sciences*. doi: 10.1016/j.proenv.2015.07.032.
- Kurniawan, A. *et al.* (2009) 'Analysis of How a Biofilm Forms on the Surface of the Aquatic Macrophyte Phragmites australis', *Microbes and Environments*. doi: 10.1264/jsme2.me09122.
- Kurniawan, A. *et al.* (2012) 'Analysis of the Ion Adsorption and Desorption Characteristics of Biofilm Matrices', *Microbes and Environments*. doi: 10.1264/jsme2.me11339.
- Kurniawan, A., Sukandar, *et al.* (2018) 'Biofilm as a bioindicator of Cr VI pollution in the Lotic Ecosystems', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 137(1). doi: 10.1088/1755-1315/137/1/012062.
- Kurniawan, A. (2018) 'Biofilmmatrices as biomonitoring agent and biosorbent for Cr (VI)

**Seminar Nasional Kelautan XIV**

“ Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia”

Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

- pollution in aquatic ecosystems', 05(02), pp. 61–67.
- Kurniawan, A., Yamamoto, T., *et al.* (2018) 'Characteristics of Alcian-blue Dye Adsorption of Natural Biofilm Matrix', in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. doi: 10.1088/1757-899X/299/1/012004.
- Lewandowski, Z. and Boltz, J. P. (2010) 'Biofilms in Water and Wastewater Treatment', in *Treatise on Water Science*. doi: 10.1016/B978-0-444-53199-5.00095-6.
- Li, K. *et al.* (2019) 'Distribution and Release Characteristics of Phosphorus in a Reservoir in Southwest China', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3), p. 303. doi: 10.3390/ijerph16030303.
- Meirinawati, H. and Muchtar, M. (2017) 'NITRATE, PHOSPHATE AND SILICATE SEASONAL DISTRIBUTION IN BINTAN WATER ISLAND', *Jurnal segara*, 13(3), pp. 141–148.
- Stoodley, P. *et al.* (1997) 'Consensus model of biofilm structure', *Biofilms: community interactions and control*, edited by Wimpenny, J.W.T., Handley, P.S., Gilbert, P., Lappin-Scott, H.M., and Jones, M. BioLine, Cardiff, UK.
- Tsuchiya, Y. *et al.* (2008) 'Nutrient-rich microhabitats within biofilms are synchronized with the external environment', *Microbes and environments*. doi: 10.1264/jsme2.ME08547.