

## **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 nutrisi dan pemurnian polutan. Salah satu kelebihan penting yaitu kemampuan untuk menjebak dan mempertahankan nutrisi 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 nutrisi di air sekitar diikuti dengan semakin tinggi pula konsentrasi nutrisi di biofilm yang menunjukkan bahwa konsentrasi nutrisi di biofilm sebagian besar berasal dari air di sekitarnya. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa fungsional grup biofilm tidak berubah meskipun konsentrasinya berbeda. Sehingga, penelitian ini menunjukkan bahwa biofilm di lingkungan alami sangat kaya akan nutrisi 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 nutrisi di dunia, serta terbukti terlibat aktif dalam siklus nutrisi 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 nutrisi (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 menjebak dan mempertahankan nutrisi 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 jarang nya pengetahuan tentang nutrisi biofilm dan air sekitarnya pada ekosistem pantai, maka peneliti mengadakan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan nutrisi di ekosistem laut untuk melengkapi pemahaman tentang nutrisi di pantai, lalu membandingkan dengan kandungan nutrisi di ekosistem sungai untuk melengkapi pemahaman tentang nutrisi 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 nutrisi dalam suspensi diasumsikan sebagai konsentrasi nutrisi yang diencerkan dalam biofilm. Konsentrasi nutrisi diukur menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* Shimadzu, AA-6800 (Shimadzu Corporation, Japan).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

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

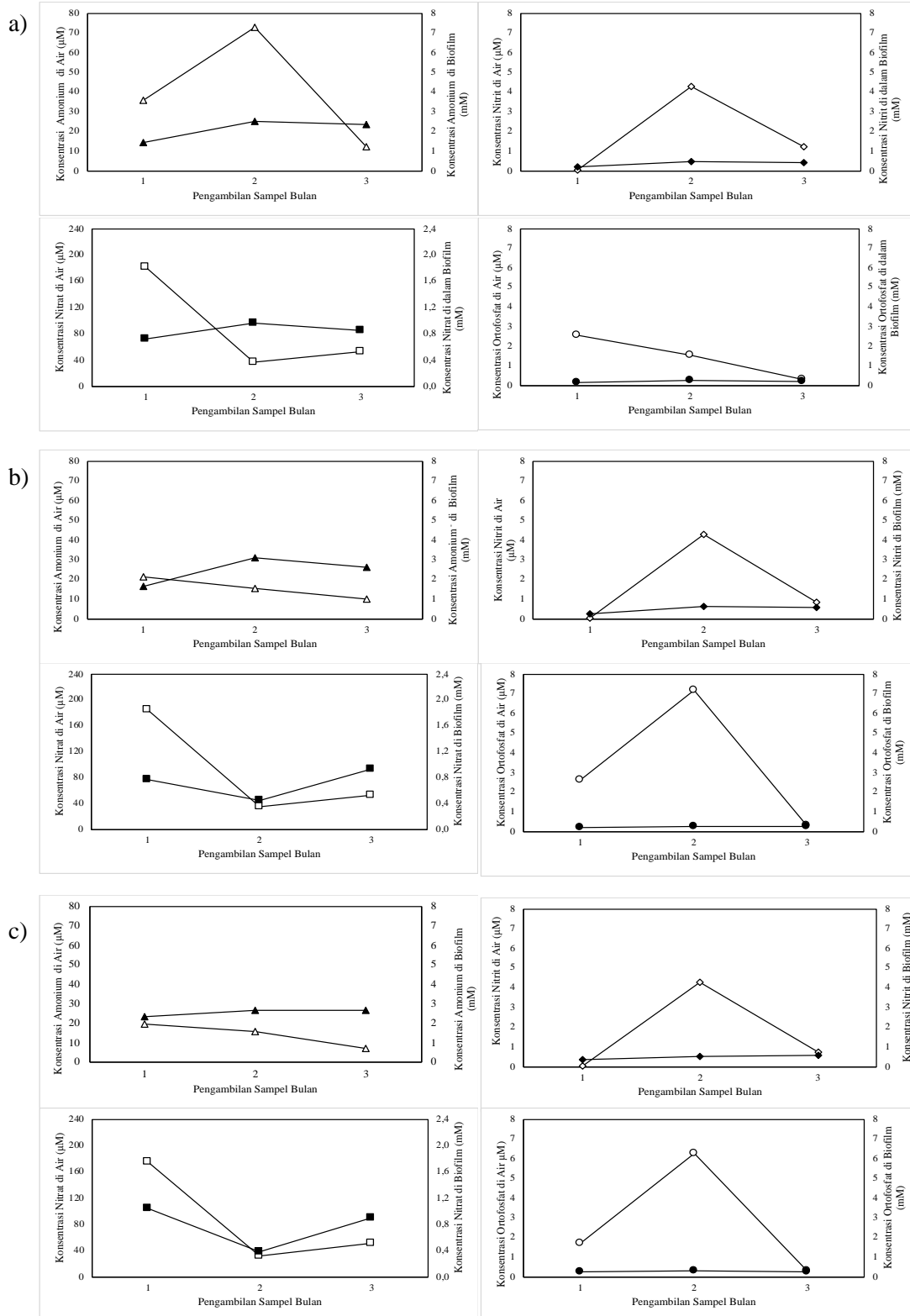
Penelitian ini meneliti konsentrasi nutrisi di biofilm dan air sekitarnya di Pantai Watu Leter. Gambar 1 menunjukkan bahwa nutrisi yang ditemukan di biofilm dan air sekitarnya yaitu amonium, nitrat, nitrit dan ortofosfat. Hasilnya pada stasiun 1 menunjukkan bahwa konsentrasi nutrisi (amonium, nitrit, 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 nutrisi di biofilm dan air sekitarnya melebihi baku mutu perairan. Tingginya konsentrasi nutrisi diduga berasal dari aktifitas wisata, kegiatan pertanian serta masukan dari sungai yang menyumbangkan 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 nutrisi di ekosistem pantai.

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

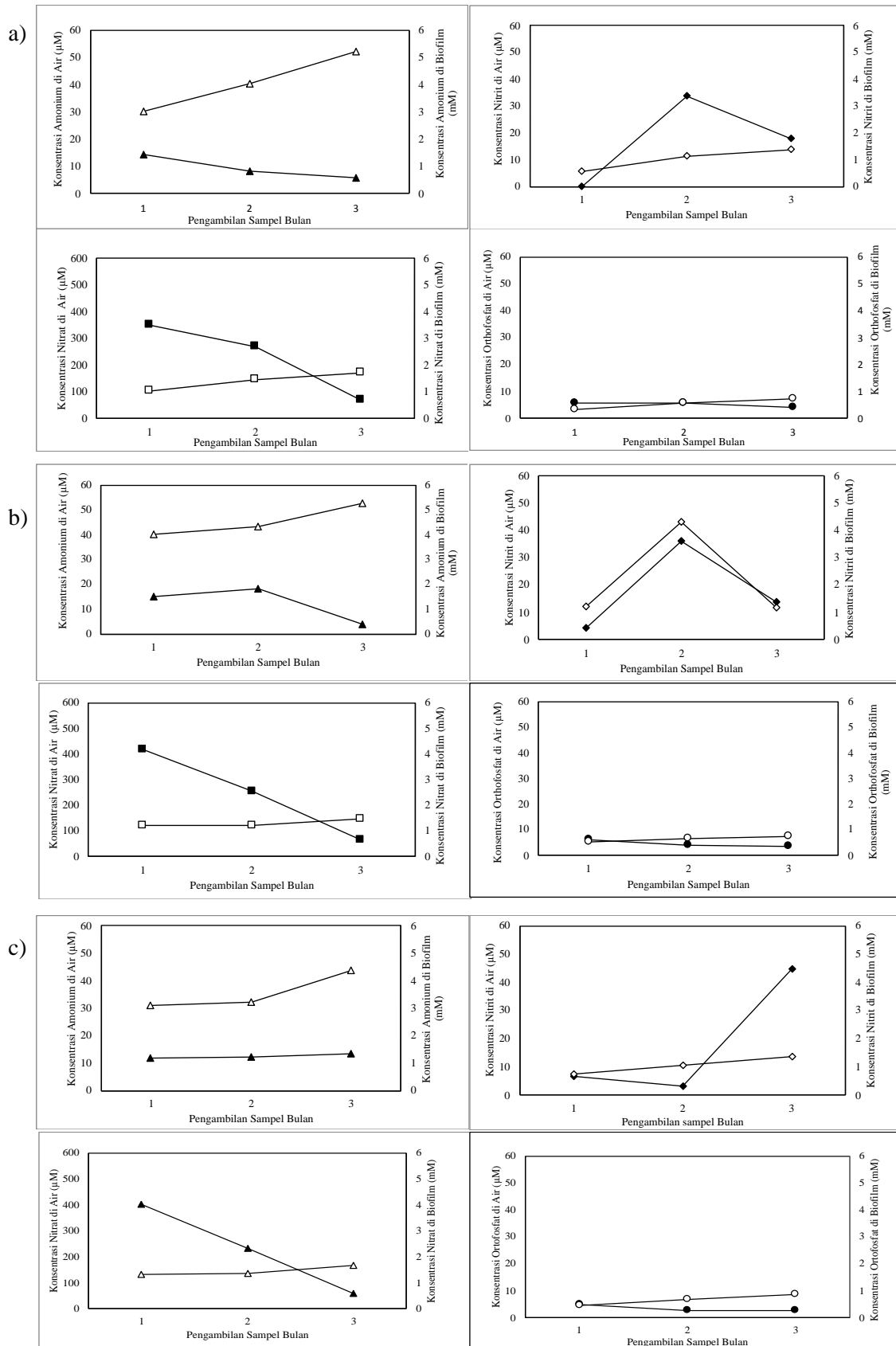
Konsentrasi nutrisi di biofilm dan air sekitarnya di Sungai Metro yang diambil selama 3 bulan berturut-turut ditunjukkan di Gambar 2. Nutrisi (amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat), juga ditemukan di biofilm dan air sekitarnya di Sungai Metro. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi amonium, 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 nutrisi (amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat) kedalam Sungai Metro, sehingga mengakibatkan tingginya konsentrasi nutrisi yang melebihi baku mutu. Kurniawan, 2018 melaporkan bahwa pada tahun 2015, konsentrasi nutrisi 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 nutrisi (amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat) yang signifikan dalam kurun waktu 4 tahun (2015-2019). Peningkatan konsentrasi nutrisi di Sungai Metro diduga diikuti oleh peningkatan aktifitas masyarakat dan bertambahnya jumlah industri di sepanjang aliran sungai yang menyumbang masukan nutrisi kedalam sungai.



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

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



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

△ Amonium 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 nutrisi di biofilm dan air sekitarnya***

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

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua tempat memiliki kesamaan karakteristik yaitu tingginya konsentrasi nutrisi 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 nutrisi yang ada didalam biofilm besarnya seratus bahkan seribu kali lebih tinggi dari pada yang ada di perairan sekitarnya.

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

Ada kesamaan hubungan tingkatan konsentrasi antara biofilm di kedua tempat. Urutan nutrisi berdasarkan tinggi konsentrasi adalah sama pada nutrisi di air sekitar dan di biofilm, ini ditemukan pada kedua jenis biofilm (Sungai Metro dan Pantai Watu Leter). Ketika jumlah nutrisi di biofilm banyak, maka nutrisi 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 nutrisi kedalam biofilm dari air sekitarnya. sehingga ketika kandungan nutrisi di air sekitar biofilm tinggi, kandungan nutrisi itu juga akan tinggi di biofilm.

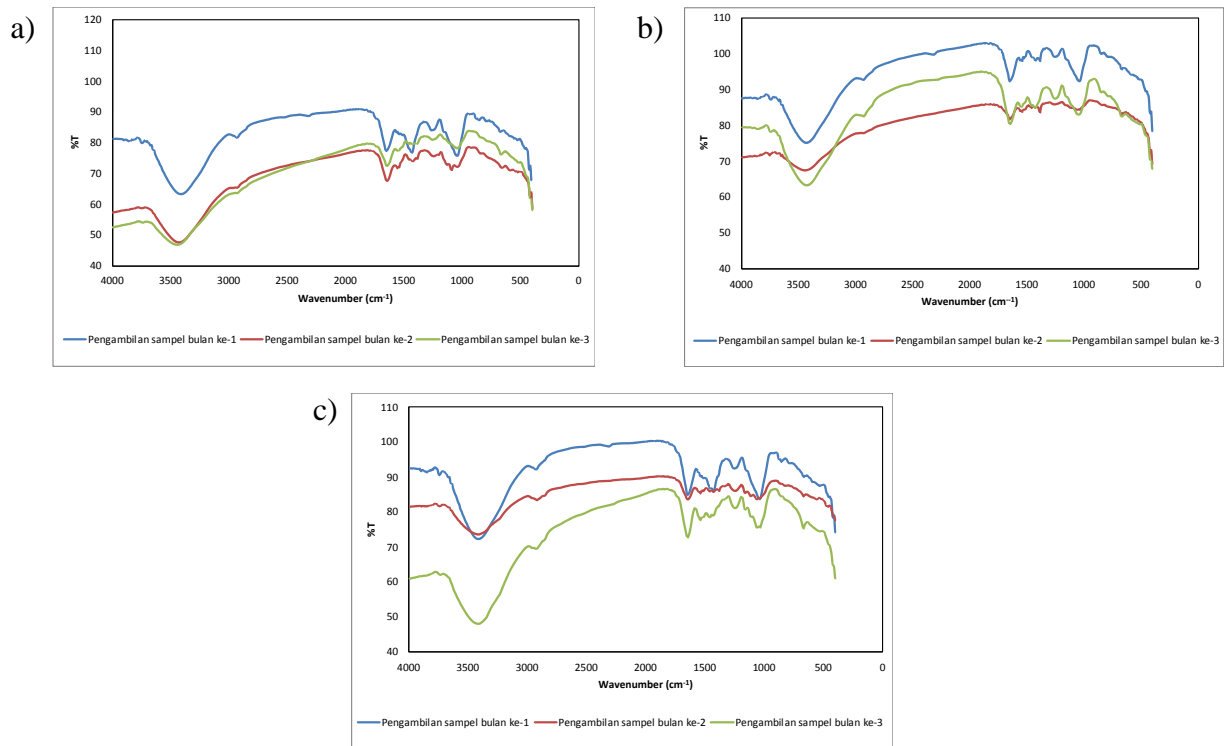
Hasil dari penelitian ini menunjukkan keadaan yang sama dengan hasil penelitian (Kurniawan *et al.*, 2012), yang menyatakan konsentrasi nutrisi di air sekitar terakumulasi kedalam biofilm, sehingga nutrisi didalam biofilm mencapai konsentrasi yang jauh lebih tinggi dari air sekitarnya. Keberadaan habitat kaya nutrisi 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). Nutrisi yang berada di dalam biofilm terikat lemah sehingga dapat dengan mudah dimanfaatkan oleh bakteri atau mikroba dalam biofilm (Guntur *et al.*, 2015). Habitat mikro nutrisi didalam biofilm yang tumbuh ditempat yang berbeda mempunyai karakteristik yang sama terkait dengan konsentrasi nutrisi hasil ini menunjukkan bahwa tingginya konsentrasi didalam biofilm adalah salah satu sifat atau karakteristik umum dari biofilm di ekosistem perairan.

***Fourier Transform Infrared (FT-IR)***

FT-IR dianalisis untuk mengetahui fungsional grup yang ada di biofilm di Pantai Watu Leter dan Sungai Metro. Proses adsorpsi nutrisi dari air ke dalam biofilm terjadi karena biofilm memiliki situs penjerap ion nutrisi. 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  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya –OH stretching, 3000 – 2800  $\text{cm}^{-1}$  (–C –H alkil), 1655 – 1630  $\text{cm}^{-1}$  (–OH bending) dan 1200 – 800  $\text{cm}^{-1}$  (–C –O –C glikosidik atau piranosa). Pada stasiun 2, keberadaan puncak pada serapan 3500 – 3000  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya –OH, 3000 – 2800  $\text{cm}^{-1}$  (–C –H alkil), 1655 – 1630  $\text{cm}^{-1}$  (–OH bending) dan 1200 – 800  $\text{cm}^{-1}$  (–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  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya –OH bending. Hasil

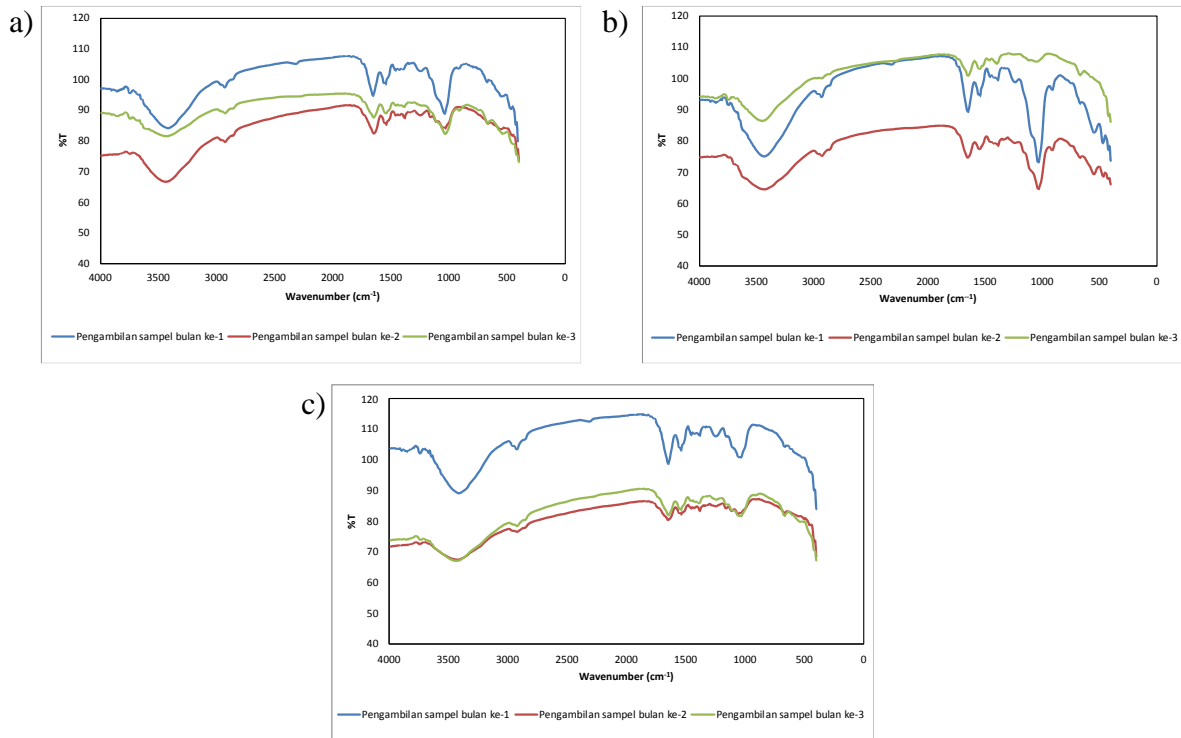
FT-IR pada stasiun 3 didapatkan puncak pada serapan 3500 – 3000  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya  $-\text{OH}$ , 3000 – 2800  $\text{cm}^{-1}$  ( $-\text{C}-\text{H}$  alkil), 1655 – 1630  $\text{cm}^{-1}$  ( $-\text{OH}$  bending) dan 1200 – 800  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya  $-\text{C}-\text{OH}$  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 spektra FT-IR menunjukkan bahwa secara umum gugus fungsional 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 nutrisi 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 nutrisi di biofilm lebih tinggi ratusan hingga ribuan kali dari pada di air sekitarnya, karena biofilm mampu menyerap dan mengakumulasi nutrisi dari air sekitarnya ke dalam biofilm. Nutrien di Pantai Watu Leter dan Sungai Metro menunjukkan karakteristik yang sama meskipun konsentrasinya berbeda. Hasil analisis spektrum 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)

- 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.