

PENENTUAN KONDUKTIVITAS LISTRIK DAN KAJIAN KUALITAS AIR SUNGAI SIAK MENGGUNAKAN METODE JEMBATAN WHEATSTONE

Alan Perdana Aritonang, Riad Syech, Walfred Tambunan

Mahasiswa Program S1 Fisika
Bidang Fisika Geodesi dan Material Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia
alan.aritonang@yahoo.com

ABSTRACT

A research has been done on the determination of the electrical conductivity and water quality of Siak River water using a Wheatstone bridge method in the location around the rubber factory of PT. RICRY. The research was begun by taking samples of the Siak river water were taken on five points which have been determined at a distance of 10 meters from PT. RICRY when was low and high tide. Based on the length data of wire L_1 and L_2 , it could be determined the value of electrical resistance, resistivity and electrical conductivity. The result showed that the value of highest electrical conductivity of the river water when the sea water was at high tide was $58,513 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$, while the electrical conductivity of the river water at low tide was $41,879 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$. A decent water for consumption has an electrical conductivity of $(300 - 500) \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$ (Mailinda, U. 2011). Based on that standard electrical conductivity, Siak river water in the research location when the sea water high tide and low tide are not worthy to be consumed because of too small value compared to the standard value of electrical conductivity.

Keywords : *Wheatstone bridge, Siak river, electrical conductivity.*

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang penentuan konduktivitas listrik dan kualitas air Sungai Siak menggunakan metode jembatan Wheatstone dari limbah industri pabrik karet PT.RICRY di Pekanbaru. Proses dimulai dengan mengambil sampel air Sungai Siak pada lima titik yang telah ditentukan yaitu ketika pengaruh air pasang dan surut. Berdasarkan data panjang kawat L_1 dan L_2 dapat ditentukan hubungan hambatan listrik dengan resistivitas serta hubungan resistivitas dengan konduktivitas listrik. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai konduktivitas listrik yang paling tinggi ketika pengaruh air sungai pasang yaitu $(58,513 \pm 29,257) \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$, sedangkan konduktivitas listrik pengaruh air sungai surut yaitu $(41,879 \pm 20,932) \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$. Air yang layak untuk dikonsumsi memiliki konduktivitas listrik $(300 - 500) \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$.

Berdasarkan standar konduktivitas listrik, sampel air pasang dan surut tidak layak untuk dikonsumsi manusia karena masih jauh dari batas yang diperbolehkan.

Kata kunci: Jembatan Wheatstone, Sungai Siak, Konduktivitas listrik,

PENDAHULUAN

Air merupakan zat atau materi yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi, tetapi tidak di planet lain. Air menutupi hampir 71% permukaan bumi. Terdapat 1,4 triliun kilometer kubik (330 juta mil^3) air yang tersedia di bumi. Air sebagian besar terdapat dilaut (air asin) dan pada lapisan-lapisan es (di kutub dan puncak-puncak gunung). Air juga dapat hadir sebagai awan, hujan, sungai, muka air tawar, danau, uap air dan lautan es. Air bersih penting bagi kehidupan manusia (Smith, 2006).

Pencemaran perairan adalah suatu perubahan sifat fisika, kimia dan biologi yang tidak dikehendaki pada ekosistem perairan yang akan menimbulkan kerugian. Pencemaran ini dapat timbul karena limbah industri maupun limbah rumah tangga yang bersifat racun. Sekitar perairan Sungai Siak, banyak aktivitas industri yang pembuangan limbahnya langsung ke perairan. Limbah rumah tangga penduduk Kota Pekanbaru yang dialirkan melalui parit-parit juga menjadi salah satu faktor pencemar Sungai Siak.

Limbah industri ataupun limbah rumah tangga yang banyak mengandung logam berat, kemudian dialirkan ke perairan akan mencemari lingkungan. Logam berat yang terdapat disekitar pembuangan dalam kadar yang kecil tidak terlalu berbahaya, namun dalam jumlah banyak dapat menyebabkan keracunan dan dapat berakibat kematian.

Air Sungai Siak masih banyak digunakan masyarakat sebagai tempat untuk melakukan aktivitas MCK (mandi, cuci, kakus) dan sebagai lahan untuk mencari nafkah seperti memancing. Realita ini sangat memprihatinkan. Air Sungai Siak yang telah tercemar oleh logam berat tidak hanya memberi dampak buruk bagi masyarakat yang berada di pinggiran Sungai Siak, tetapi juga bagi semua makhluk hidup yang bergantung pada sungai ini (Salam, 2012).

Jembatan Wheatstone adalah salah satu rangkaian elektronika yang dapat digunakan untuk mengetahui kualitas air sungai dengan menentukan beberapa dari parameter fisis kualitas air yang layak untuk dikonsumsi yaitu dengan menghitung nilai hambatan listrik, resistivitas dan konduktivitas listrik air. Nilai resistivitas adalah nilai kemampuan air untuk menghambat arus listrik sedangkan nilai konduktivitas adalah nilai kemampuan air untuk menghantarkan arus listrik. Nilai resistivitas dan nilai konduktivitas merupakan nilai yang saling berbanding terbalik dimana semakin besar nilai resistivitas maka akan semakin kecil nilai konduktivitas. Nilai resistivitas maupun nilai konduktivitas sangat dipengaruhi oleh kandungan ion-ion yang terlarut dalam air. Berdasarkan penelitian, semakin besar nilai resistivitas air maka air akan cenderung memiliki kualitas yang semakin baik karena dapat diasumsikan memiliki kandungan mineral organik dan anorganik yang sedikit, sehingga cenderung lebih baik untuk

dimanfaatkan dibandingkan air dengan nilai resistivitas yang lebih rendah (Kurniawan, 2009).

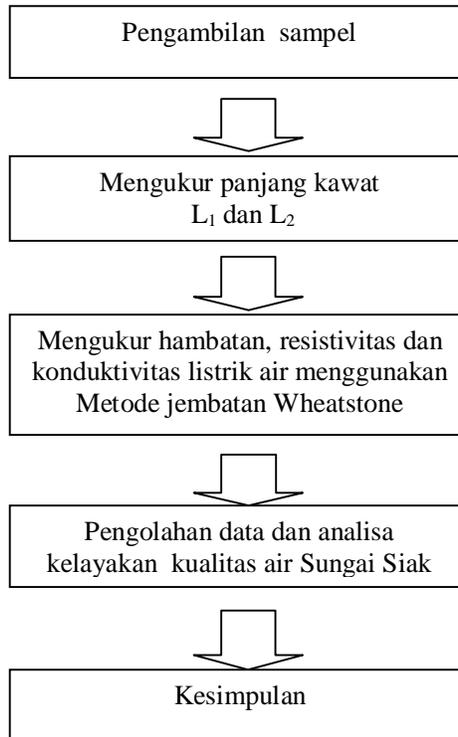
Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai konduktivitas listrik air Sungai Siak dekat pembuangan limbah pabrik karet PT. RICRY di daerah Pekanbaru, membandingkan hasil pengukuran konduktivitas listrik dari pengaruh air pasang dan surut air laut. Menganalisa kelayakan air Sungai Siak berdasarkan beberapa parameter fisis. Penelitian dilakukan dengan menggunakan Metode Jembatan Wheatstone dan hanya menggunakan air permukaan Sungai Siak.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air permukaan Sungai Siak dekat limbah pembuangan pabrik karet PT. RICRY, botol air mineral, galvanometer, meteran, balok kaca, resistor, kabel-kabel penghubung, *power supply*, kawat nikrom, konduktivimeter.

Sampel penelitian diambil dari air permukaan Sungai Siak dekat dengan pabrik karet PT. RICRY yang dialirkan



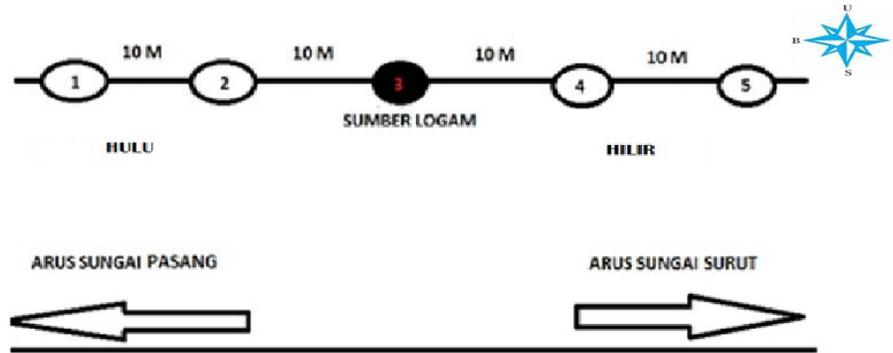
Gambar 1. Bagan alir penelitian

ke perairan. Adapun koordinat tempat pengambilan sampel penelitian adalah 0°32'33.77" Utara 101°26'03.60" Selatan dengan menggunakan botol plastik yang telah diberi label "S" untuk pengaruh air

laut surut dan "P" untuk pengaruh air laut pasang. Pengambilan sampel dilakukan pada hari Selasa tanggal 14 Februari 2014 pukul 07.30 dan 16.00 WIB. Proses pengambilan air Sungai

Siak dilakukan sebanyak 2 kali. Sampel air pasang diambil ketika air sungai mengalir dari hilir ke hulu yaitu di pagi

hari sedangkan sampel air surut diambil ketika air sungai mengalir dari hulu ke hilir yaitu sore hari.

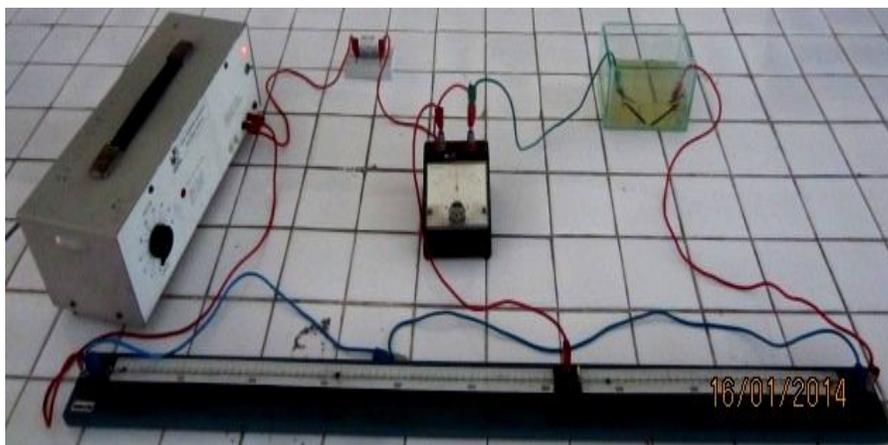


Gambar 2. Pola pengambilan sampel

Pengukuran panjang kawat L_1 dan L_2 menggunakan jembatan Wheatstone dilakukan dengan cara memasukkan sampel air sungai pasang kedalam balok kaca. Nyalakan *power supply* dan atur tegangan. Kemudian posisi kontak diatur sampai galvanometer menunjukkan angka nol dan dicatat panjang kawat L_1 dan L_2 . Langkah tersebut diulangi untuk sampel air sungai surut.

Mengukur Hambatan, Resistivitas dan Konduktivitas Listrik Air Menggunakan Metode Jembatan Wheatstone

Pengukuran hambatan, resistivitas dan konduktivitas listrik dapat dilakukan menggunakan Metode jembatan Wheatstone. Rangkaian alat penelitian Metode jembatan Wheatstone dapat dimodifikasi seperti gambar 3 berikut:



Gambar 3. Rangkaian alat penelitian

Terlebih dahulu alat dirangkai seperti pada Gambar 3 (arus dalam keadaan off). Kemudian sampel air Sungai Siak dimasukkan kedalam wadah kaca yang berbentuk balok. Hidupkan power supply lalu tutup saklar. Kemudian atur besarnya tegangan yang akan diberikan. Dengan menggeser-geser kontak D pada gambar, sampai jarum galvanometer berhimpit dengan titik nol (dari B ke D). Pada rangkaian seperti ini rangkaian dikatakan dalam keadaan seimbang. Pada keadaan seimbang dimana arus tidak mengalir melalui galvanometer (arus dalam keadaan on) maka berlaku persamaan:

$$R_1.R_3 = R_2.R_4$$

Jika R_3 dan R_4 mempunyai luas penampang (A) dan hambatan jenis (ρ) sama maka persamaan menjadi :

$$R_1.L_2 = R_2.L_1$$

Langkah selanjutnya setelah kesetimbangan tercapai matikan power supply. Setelah hambatan R_1 diketahui, sedangkan L_1 dan L_2 diperoleh berdasarkan penelitian maka R_2 (sampel air Sungai Siak) dapat dihitung. Setelah itu dapat ditentukan nilai dari resistivitas sampel. Perhitungan terakhir adalah menentukan nilai konduktivitas listrik air Sungai Siak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Pengukuran Rata-Rata Panjang Kawat L_1 dan L_2 Pada Keseluruhan Titik Sampel.

Air	Titik Sampel	R_1 (k Ω)	L_1 rata-rata (m)	L_2 rata-rata (m)
Pasang	1	82	$18,60 \times 10^{-2}$	$81,40 \times 10^{-2}$
	2	82	$21,22 \times 10^{-2}$	$78,78 \times 10^{-2}$
	3	82	$21,22 \times 10^{-2}$	$78,78 \times 10^{-2}$
	4	82	$15,28 \times 10^{-2}$	$84,72 \times 10^{-2}$
	5	82	$11,64 \times 10^{-2}$	$88,36 \times 10^{-2}$
Surut	1	82	$11,46 \times 10^{-2}$	$88,54 \times 10^{-2}$
	2	82	$11,68 \times 10^{-2}$	$88,32 \times 10^{-2}$
	3	82	$18,98 \times 10^{-2}$	$81,02 \times 10^{-2}$
	4	82	$12,40 \times 10^{-2}$	$87,60 \times 10^{-2}$
	5	82	$11,84 \times 10^{-2}$	$88,16 \times 10^{-2}$

Tabel 2. Hambatan Listrik Rata-Rata, Resistivitas Rata-Rata dan Konduktivitas Listrik Rata-Rata (Air Pasang).

No	Sampel	Air Pasang		
		$R_{rata-rata}$ (Ω)	$\rho_{rata-rata}$ (Ωm)	$\sigma_{rata-rata}$ (Ωm) ⁻¹
1	Titik 1	$359,069 \times 10^4$	$16,158 \times 10^3$	$61,933 \times 10^{-6}$
2	Titik 2	$300,122 \times 10^4$	$13,730 \times 10^3$	$73,039 \times 10^{-6}$
3	Titik 3	$304,514 \times 10^4$	$13,703 \times 10^3$	$73,003 \times 10^{-6}$
4	Titik 4	$455,237 \times 10^4$	$20,486 \times 10^3$	$48,889 \times 10^{-6}$
5	Titik 5	$622,726 \times 10^4$	$28,023 \times 10^3$	$35,702 \times 10^{-6}$
$\tau = 58,513 \times 10^{-6}$				

Tabel 3. Hambatan Listrik Rata-Rata, Resistivitas Rata-Rata dan Konduktivitas Listrik Rata-Rata (Air Surut).

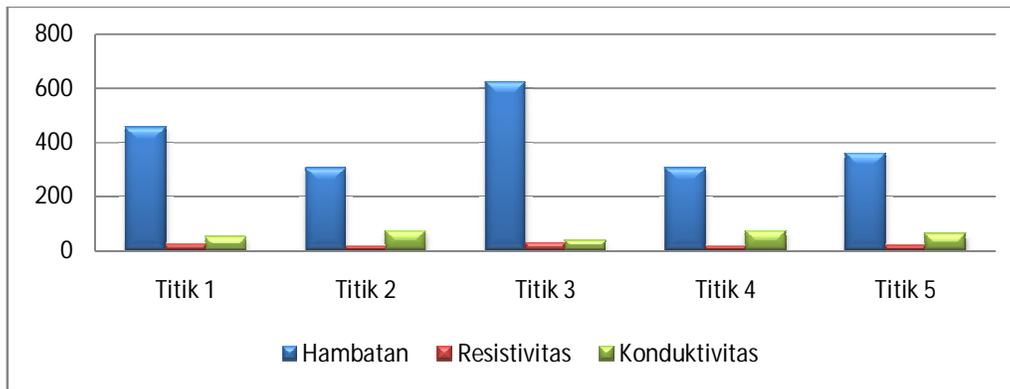
No	Sampel	Air Surut		
		$R_{rata-rata} (\Omega)$	$\rho_{rata-rata} (\Omega m)$	$\sigma_{rata-rata} (\Omega m)^{-1}$
1	Titik 1	$630,389 \times 10^4$	$28,367 \times 10^3$	$35,289 \times 10^{-6}$
2	Titik 2	$620,352 \times 10^4$	$27,916 \times 10^3$	$35,842 \times 10^{-6}$
3	Titik 3	$350,245 \times 10^4$	$15,761 \times 10^3$	$63,495 \times 10^{-6}$
4	Titik 4	$580,137 \times 10^4$	$26,106 \times 10^3$	$38,369 \times 10^{-6}$
5	Titik 5	$611,319 \times 10^4$	$27,509 \times 10^3$	$36,402 \times 10^{-6}$
		$\tau = 41,879 \times 10^{-6}$		

Gambar 4 menunjukkan hasil pengukuran hambatan, resistivitas dan konduktivitas listrik yang terdapat dekat pembuangan limbah pabrik karet PT. permukaan sungai mengalir dari hilir menuju hulu.

Konduktivitas listrik paling kecil terdapat pada pengukuran titik kelima sebesar $35,702 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$, resistivitas sebesar $28,023 \cdot 10^3 \Omega m$ dan hambatan yang tinggi sebesar $622,726 \cdot 10^4 \Omega$. Nilai dari resistivitasnya tinggi karena diasumsikan sedikit mineral-mineral anorganik mengandung logam dalam air dibandingkan dengan titik sampel lain yang dapat menghambat arus listrik untuk mengalir, sehingga konduktivitas listriknya semakin kecil. Tingginya nilai resistivitas juga dapat dipengaruhi oleh faktor jarak pada saat pengambilan sampel.

Konduktivitas listrik paling tinggi terdapat pada pengukuran titik kedua sebesar $73,039 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$, resistivitas sebesar $13,730 \cdot 10^3 \Omega m$ dan

RICRY yang memiliki nilai tertentu yang khas untuk masing-masing titik. Sampel air diambil ketika pengaruh air laut pasang yaitu pada saat air hambatan yang kecil yaitu $300,122 \cdot 10^4 \Omega$. Nilai dari resistivitasnya kecil karena banyak mineral-mineral anorganik mengandung logam dalam air dibandingkan dengan titik sampel yang lain yang dapat meneruskan arus listrik untuk mengalir, sehingga konduktivitas listriknya semakin tinggi. Titik kedua memiliki nilai konduktivitas listrik yang paling tinggi juga dipengaruhi keadaan lingkungan sekitar seperti perubahan warna air, kecepatan arus sungai dan pengaruh air pasang. Ditinjau dari standar kelayakan air berdasarkan konduktivitasnya, maka titik kelima adalah yang paling baik dari titik sampel yang lainnya karena memiliki resistivitas yang tinggi dan konduktivitas listrik yang kecil dan mendekati dari standar yang ditentukan yaitu $300 \cdot 10^{-6} - 500 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$.



Gambar 4. Diagram antara hambatan, resistivitas dan konduktivitas rata-rata air pasang.

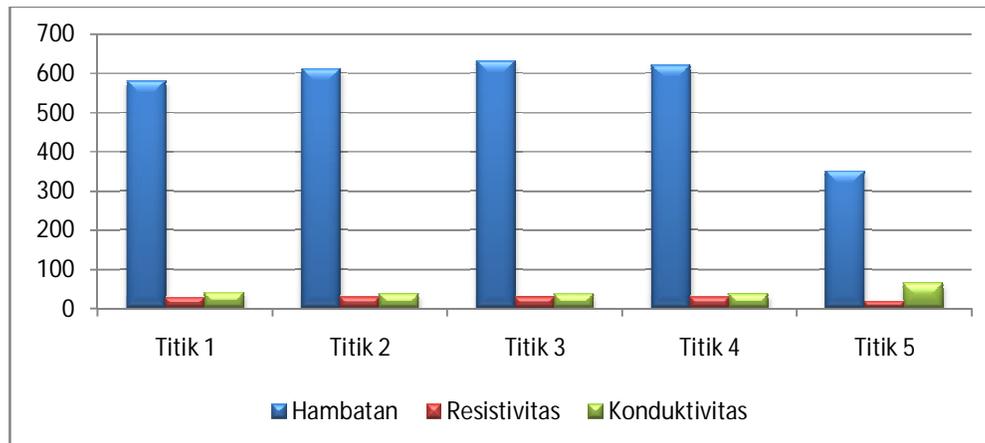
Analisa Hambatan Listrik Rata-Rata, Resistivitas Rata-Rata dan Konduktivitas Listrik Rata - Rata Air Surut

Gambar 5 menunjukkan hasil pengukuran hambatan, resistivitas dan konduktivitas yang terdapat dekat pembuangan limbah pabrik karet PT. RICRY yang memiliki nilai tertentu yang khas untuk masing-masing titik. Sampel air diambil ketika pengaruh air laut surut yaitu pada saat air permukaan sungai turun.

Konduktivitas listrik paling kecil terdapat pada pengukuran titik pertama sebesar $35,289 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$, resistivitas sebesar $28,367 \cdot 10^3 \Omega m$ dan hambatan yang tinggi yaitu $630,389 \cdot 10^4 \Omega$. Nilai dari resistivitasnya tinggi karena sedikit mineral-mineral anorganik mengandung logam dalam air yang dapat menghambat arus listrik

untuk mengalir, sehingga daya hantar listriknya semakin kecil. Konduktivitas listrik paling tinggi terdapat pada pengukuran titik ketiga sebesar $63,495 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$, resistivitas sebesar $15,761 \cdot 10^3 \Omega m$ dan hambatan yang kecil yaitu $350,245 \cdot 10^4 \Omega$. Titik ketiga memiliki nilai konduktivitas yang tinggi karena dekat dengan sumber pembuangan limbah dan juga dipengaruhi oleh arus sungai.

Titik ketiga memiliki nilai konduktivitas listrik yang paling tinggi dan nilai hambatan listrik yang paling kecil karena berada pada daerah sumber pembuangan limbah. Gambar 4.2 menunjukkan bahwa nilai dari hambatan titik pertama sampai titik kelima sangat bervariasi, hal ini juga dipengaruhi oleh keadaan air surut sungai dan kecepatan arus sungai.



Gambar 5. Diagram antara hambatan, resistivitas dan konduktivitas rata-rata air surut.

Analisa Kelayakan Sampel Air Pasang dan Surut Sungai Siak

Hasil pengukuran konduktivitas listrik sampel air pasang Sungai Siak dekat limbah pabrik karet PT. RICRY pada setiap sampel berturut-turut adalah $61,933 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$, $73,039 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$, $73,003 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$, $48,889 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$, $35,702 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$.

Berdasarkan standar kelayakan air sesuai konduktivitasnya, semakin tinggi nilai dari konduktivitas listrik maka nilai dari resistivitasnya akan semakin kecil, sehingga jika resistivitas dari air kecil dapat diasumsikan kualitas dari air tidak layak untuk dikonsumsi dan sebaliknya jika konduktivitasnya kecil maka dapat diasumsikan kualitas air layak untuk dikonsumsi. Titik kelima adalah yang paling baik dari titik sampel yang lainnya yaitu $35,702 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$ karena lebih mendekati dari standar yang ditentukan sebesar $300 \cdot 10^{-6} - 500 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$. Pada penelitian ini dapat diasumsikan bahwa sampel pengaruh air laut pada saat pasang diasumsikan tidak layak untuk dikonsumsi tetapi dapat digunakan

untuk keperluan perikanan dan pertanian.

Hasil pengukuran konduktivitas listrik sampel pengaruh air laut surut Sungai Siak dekat pembuangan limbah pabrik karet PT. RICRY pada setiap sampel berturut-turut adalah $35,289 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$, $35,842 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$, $63,495 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$, $38,369 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$, $36,402 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$. Berdasarkan standar kelayakan air sesuai konduktivitasnya, titik pertama adalah yang paling baik dari titik sampel lainnya yaitu $35,289 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$. Sama halnya dengan pengaruh air laut pasang, air sungai surut juga tidak dapat layak untuk dikonsumsi.

Air sungai pasang memiliki konduktivitas listrik sebesar $58,513 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$ dan air sungai surut memiliki konduktivitas listrik sebesar $41,879 \cdot 10^{-6} (\Omega m)^{-1}$. Perbandingan secara keseluruhan dapat ditentukan bahwa konduktivitas listrik air sungai pasang lebih tinggi dari pada konduktivitas air sungai surut. Artinya dapat diasumsikan bahwa pengaruh air laut surut lebih layak untuk dikonsumsi dari pada pengaruh air laut pasang.

KESIMPULAN

Konduktivitas listrik rata-rata yang paling tinggi pada sampel air pasang Sungai Siak terdapat pada titik kedua sebesar $73,003 \cdot 10^{-6} (\Omega\text{m})^{-1}$ sedangkan konduktivitas listrik yang paling kecil terdapat pada titik ketiga sebesar $35,702 \cdot 10^{-6} (\Omega\text{m})^{-1}$.

Konduktivitas listrik rata-rata yang paling tinggi pada sampel air surut Sungai Siak terdapat pada titik ketiga sebesar $63,495 \cdot 10^{-6} (\Omega\text{m})^{-1}$ sedangkan konduktivitas listrik yang paling kecil terdapat pada titik pertama sebesar $35,289 \cdot 10^{-6} (\Omega\text{m})^{-1}$.

Berdasarkan penelitian, konduktivitas listrik rata-rata yang paling tinggi terdapat pada sampel air pasang sebesar $58,513 \cdot 10^{-6} (\Omega\text{m})^{-1}$, sedangkan pada sampel air surut sebesar $41,879 \cdot 10^{-6} (\Omega\text{m})^{-1}$.

Berdasarkan kelayakan air yang baik untuk dikonsumsi, dari hasil penelitian menunjukkan konduktivitas listrik rata-rata sampel air surut lebih baik dari konduktivitas listrik rata-rata sampel air pasang, walaupun kedua

sampel ini diasumsikan tidak layak untuk dikonsumsi karena masih jauh dari standar yang ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Kurniawan. 2009. *Identifikasi Kualitas Air Berdasarkan Nilai Resistivitas Air*. Yogyakarta : Kanisius.
- Mailinda, U. 2011. *Menentukan Tingkat Kemurnian Air Menggunakan Metode Wheatstone*. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Riau.
- Salam, A.H. 2012. *Menentukan Pola Penyebaran Logam Berat (Cu,Fe,Zn) di Sungai Siak dengan Menggunakan Spektrofotometer (AAS)*. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Riau.
- Smith, A. 2006. *Pustaka sains-Campuran & Senyawa*, Bandung : Pakar Raya.