

## Kesesuaian Tingkat Kerentanan dengan Status Mutu Air Sungai akibat Pembuangan Limbah Cair Industri Tahu di Desa Somopuro, Kecamatan Jogonalan, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah

Sheila Ayu Anggreini<sup>1,a)</sup>, Ika Wahyuning Widiarti<sup>2)</sup>, Rr. Dina Asrifah<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta

<sup>a)</sup>Corresponding author: sheila.agrni@gmail.com

### ABSTRAK

Sebagian besar industri tahu di Indonesia masih merupakan industri kecil. Oleh karena itu, banyak industri tahu membuang air limbah langsung ke perairan tanpa adanya pengolahan yang dilakukan sehingga menyebabkan timbulnya pencemaran lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kesesuaian tingkat kerentanan air permukaan akibat adanya aktivitas pembuangan limbah cair tahu dengan status mutu air permukaan yang dimanfaatkan oleh masyarakat desa untuk keperluan irigasi pertanian. Metode penelitian yang digunakan untuk pengumpulan data adalah survei dan pemetaan, sedangkan metode analisis menggunakan matematis dan uji laboratorium. Metode PCSM (*Point Count System Model*) digunakan untuk mengetahui tingkat kerentanan air permukaan yang terdiri dari 3 parameter di antaranya, curah hujan, kemiringan lereng, dan penggunaan lahan. Hasil *overlay* kemudian dikorelasikan dengan hasil uji laboratorium yang telah dihitung indeks pencemaran (IP). Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan lokasi penelitian terbagi menjadi 2 kelas kerentanan air permukaan yaitu kelas kerentanan cukup rentan seluas 17 Ha dan kerentanan sangat rentan seluas 9 Ha. Korelasi kesesuaian kelas kerentanan dengan kualitas air permukaan menunjukkan 66,67% sesuai (nilai IP sebesar 1,1939 sampai 2,7162 berstatus tercemar ringan) dan 33,33% tidak sesuai (nilai IP 0,7444 berstatus tidak tercemar).

**Kata kunci:** Limbah Tahu, Kerentanan Air Permukaan, Pencemaran.

### ABSTRACT

*Most of the tofu industry in Indonesia is classified as small industry. Hence there is many tofu industry producers dispose of their wastewater directly into the surface water without prior treatment which lead to environmental pollution. The purpose of this study aims to determine the suitability level of surface water vulnerability due to tofu wastewater disposal activities with the water quality status which is used for irrigation purpose. The research method used for data collection is survey and mapping, while the analytical method uses mathematical methods and laboratory tests. PCSM (Point Count System Model) was selected to determine the surface water vulnerability which consists of 3 parameters as follows, rainfall, slope, and landuse. The results of overlay are then correlated with the results of laboratory tests to which pollution index (PI) has been calculated. The research that has been carried out shows that the research location is divided into 2 classes of surface water vulnerability, namely the quite vulnerable class covering an area of 17 Ha and very vulnerable class covering an area of 9 Ha. In addition, the correlation between the suitability of vulnerable class and surface water quality shows that 66.67% matched (IP range from 1,1939 to 2,7162 consider as low polluted) and 33.33% not matched (IP range from 0,7444 consider as not polluted).*

**Keywords:** Tofu Wastewater, Surface Water Vulnerability, Pollution.

### PENDAHULUAN

Perkembangan industri tidak pernah terlepas dari aspek pemenuhan kebutuhan manusia yang meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Kegiatan industri tidak hanya memberikan dampak positif dalam pemenuhan kebutuhan manusia, namun juga menimbulkan dampak negatif terkait limbah industri yang dihasilkan. Industri tahu sebagian besar merupakan industri berskala kecil sehingga dalam produksinya masih menggunakan teknologi sederhana (Rahadi dkk, 2018). Produksi limbah cair industri

terbilang cukup tinggi dikarenakan limbah berasal dari berbagai macam proses seperti, pencucian, perebusan, pengepresan, dan pencetakan tahu. Herlambang (2002), menjelaskan pengaruh pencemaran oleh limbah industri tahu adalah menurunnya kualitas perairan akibat kandungan bahan organik yang meningkat.

Secara harfiah, kerentanan merupakan tingkat kemudahan zat pencemar memengaruhi kualitas airnya, baik air permukaan maupun air tanah (Nurkholis, 2016). Penilaian kerentanan berguna untuk perencanaan yang efektif, menciptakan kebijakan dan bahan pertimbangan pembuatan keputusan untuk pengelolaan air tanah yang berkelanjutan serta membantu dalam strategi mitigasi pencemaran air, pengembangan kerangka kerja untuk alokasi sumber daya air, menentukan pola penggunaan lahan yang sesuai, dan meningkatkan kepedulian masyarakat mengenai bahaya kontaminasi perairan (National Research Council, 1993 dalam Machiwal et al., 2018).

Industri tahu rumah tangga banyak tersebar di kota-kota besar maupun kecil seperti yang terdapat di Desa Somopuro. Kegiatan pembuangan limbah cair industri tahu ke Sungai Panggang dilakukan dengan mengalirkan limbah melalui selokan atau saluran terbuka yang melintasi permukiman warga. Terjadinya perubahan pada air sungai yang dapat terlihat secara fisik di antaranya, yaitu perubahan warna alami sungai serta timbulnya bau yang menyengat terutama ketika kegiatan produksi sedang berlangsung. Keterbatasan teknologi pengolahan air limbah serta kemampuan sumber daya manusia untuk mengolah limbah yang dihasilkan menjadi faktor yang melatarbelakangi pencemaran air permukaan. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian untuk mengetahui kesesuaian tingkat kerentanan pencemaran air permukaan akibat adanya aktivitas pembuangan limbah cair tahu dengan status mutu air permukaan yang dimanfaatkan oleh masyarakat desa untuk keperluan irigasi pertanian.

## METODE

Pengumpulan data penelitian dilakukan melalui survei dan pemetaan, sedangkan metode analisis penelitian dilakukan menggunakan metode matematis di antaranya metode PCSM (*Point Count System Model*) untuk penilaian kerentanan air permukaan dan indeks pencemaran untuk status mutu/kualitas perairan. Teknik pengambilan sampel data dilakukan dengan *purposive sampling*. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer yang diperoleh di lapangan berupa kemiringan lereng serta penggunaan lahan, sedangkan data sekunder berupa data curah hujan yang diperoleh melalui badan instansi Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Serayu-Opak untuk Stasiun Hujan Tanjung Tirto di Kecamatan Sleman dan Stasiun Plataran di Kecamatan Kalasan serta Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo untuk Stasiun Hujan Klaten di Kecamatan Klaten Selatan.

Metode PCSM (*Point Count System Model*) dipilih untuk penentuan tingkat kerentanan pencemaran air permukaan. Metode PCSM merupakan metode yang menggunakan rating/skor multiparameter (Hussein dan Werdiningsih, 2012). Parameter yang digunakan terdiri dari curah hujan, kemiringan lereng, dan penggunaan lahan. Setiap parameter memiliki bobot dari 1-3, sedangkan harkat parameter berkisar 1-10. Semakin tinggi nilai harkat dan bobot menggambarkan semakin rentan variabel tersebut dalam memengaruhi kerentanan air permukaan dan berlaku pula sebaliknya.

Pembobotan dan pengharkatan parameter dalam penilaian kerentanan air permukaan mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Eimers et al. (2000) dalam Nurkholis (2016) yang dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 1.** Bobot Parameter Kerentanan Air Permukaan

No	Parameter	Bobot
1	Curah Hujan	2
2	Kemiringan Lereng	1
3	Penggunaan Lahan	3

Sumber: Eimers et al. (2000) dalam Nurkholis (2016)

**Tabel 2.** Harkat Parameter Curah Hujan

No	Curah Hujan (mm/hari)	Skor
1	1500 – 2000	5
2	2000 – 2500	7
3	2500 – 3000	9
4	> 3000	10

Sumber: Eimers et al. (2000) dalam Nurkholis (2016)

**Tabel 3.** Harkat Parameter Kemiringan Lereng

No	Kemiringan Lereng (%)	Skor
1	< 8	2
2	8 – 15	4
3	15 – 25	6

Sumber: Eimers et al. (2000) dalam Nurkholis (2016)

**Tabel 4.** Harkat Parameter Penggunaan Lahan

No	Penggunaan Lahan	Skor
1	Tubuh Air	1
2	Semak Belukar	4
3	Kebun	5
4	Tegalan	6
5	Sawah	7
6	Permukiman	8

Sumber: Eimers et al. (2000) dalam Nurkholis (2016)

Setiap parameter selanjutnya dilakukan *scoring* dengan pengkalian bobot parameter dengan harkat parameter sesuai metode PCSM. *Scoring* dilakukan dengan menggunakan aplikasi Arcgis melalui *overlay* ketiga parameter kerentanan pencemaran air permukaan. Rumus yang digunakan untuk perhitungan indeks kerentanan air permukaan adalah:

$$VI = R_w R_r + T_w T_r + I_w I_r \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- |    |                      |   |                                 |
|----|----------------------|---|---------------------------------|
| VI | = Indeks Kerentanan  | L | = Penggunaan Lahan              |
| R  | = Curah hujan        | w | = Bobot masing-masing parameter |
| T  | = Topografi (lereng) | r | = Nilai masing-masing parameter |

Penentuan klasifikasi kelas kerentanan air permukaan dilakukan berdasarkan dari nilai indeks kerentanan yang dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Klasifikasi Kelas Kerentanan Air Permukaan

No	Kelas Kerentanan	Interval
1	Tidak Rentan	15 – 22
2	Agak Rentan	22 – 29
3	Rentan	29 – 36
4	Cukup Rentan	36 – 43
5	Sangat Rentan	43 – 50

Sumber: Eimers et al. (2000) dalam Nurkholis (2016)

Setelah diketahui tingkat kerentanan air permukaan, selanjutnya dilakukan perhitungan indeks pencemaran pada sampel air yang telah diambil. Pengambilan sampel air permukaan dilakukan berdasarkan segmen sungai yang menjadi objek penelitian. Segmen sungai terbagi menjadi hulu, tengah, dan hilir pada Sungai Panggang yang masih memasuki dalam batas penelitian. Sebanyak satu sampel diambil untuk mewakili setiap segmen sungai.

Pengujian air permukaan dilakukan dengan menggunakan 4 parameter air, yaitu meliputi BOD, COD, TSS, dan pH. Baku mutu yang digunakan untuk membandingkan parameter yang diujikan mengacu kelas air II pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran.

Hasil uji laboratorium selanjutnya dihitung menggunakan indeks pencemaran untuk mengetahui status mutu/kualitas air sungai yang dijadikan sebagai objek pembuangan limbah cair tahu tanpa pengolahan. Melalui hal ini dapat diketahui kondisi aktual pencemaran yang terjadi pada lokasi penelitian berdasarkan hasil uji lab dan seberapa besar tingkatan pencemaran air permukaan yang berlangsung.

Analisis kualitas air sungai menggunakan indeks pencemaran diambil dari Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 Lampiran II . Rumus yang digunakan untuk perhitungan indeks pencemaran adalah sebagai berikut:

$$PI_j = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})^2 M + (C_i/L_{ij})^2 R}{2}}$$

Dimana:

- PI<sub>j</sub> = Indeks pencemaran bagi peruntukan J
- C<sub>i</sub> = Konsentrasi parameter kualitas i
- L<sub>ij</sub> = Konsentrasi parameter kualitas air i pada baku mutu peruntukan air j
- M = Maksimum
- R = rerata

Nilai kualitas air ditentukan berdasarkan rentang nilai PI yang termasuk dalam 4 kategori kelas pencemaran air. Rentang nilai klasifikasi kelas pencemaran dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Klasifikasi Kelas Kualitas Air

No	Nilai PI	Klasifikasi
1	$0 \leq PI_j \leq 1$	Memenuhi Baku Mutu (Kondisi Baik)
2	$1 < PI_j \leq 5$	Tercemar Ringan
3	$5 < PI_j \leq 10$	Tercemar Sedang
4	$PI_j > 10$	Tercemar Berat

Sumber: Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak pada koordinat X = 44800 – 450000 dan Y = 9142500 – 9144500. Secara administratif berada di Desa Somopuro, Kecamatan Jogonalan, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. Desa Somopuro berbatasan langsung dengan beberapa desa lainnya, yaitu: sebelah utara dengan Desa Wonobojo, sebelah timur dengan Desa Tangkisanpos dan Desa Titang, sebelah selatan dengan Desa Mutihan, dan sebelah barat dengan Desa Geneng.



**Tabel 8.** Skoring Parameter Kemiringan Lereng

Kemiringan Lereng (%)	Harkat	Bobot	Skor
< 8	2	1	2

Sumber: Data lapangan peneliti, 2021

Kemiringan lereng berpengaruh terhadap curah hujan yang menjadi *runoff* maupun infiltrasi (Nurkholis, 2016). Kemiringan lereng terjal dapat mempercepat laju pencampuran polutan ke dalam air karena aliran *runoff* semakin cepat (Nurkholis, 2016). Hal yang berbeda dapat terjadi pada kemiringan lereng datar seperti pada lokasi penelitian. Kemiringan lereng datar mengakibatkan infiltrasi berlangsung cukup intensif sehingga *runoff* semakin kecil (Hussein dan Werdiningsih, 2012). Terdapatnya industri di permukaan yang membuang limbah cair pada kemiringan lereng datar menyebabkan laju *runoff* tidak terlalu tinggi sehingga polutan memiliki cukup banyak waktu mengalami infiltrasi ke bawah permukaan dan berasosiasi dengan air tanah menyebabkan penurunan kualitas air tanah. Sungai Panggang memiliki tipe sungai *effluent* yaitu sumber airnya berasal dari air tanah yang mengakibatkan kualitas air tanah juga berperan dalam memengaruhi kualitas air sungainya. Oleh karena itu, apabila terjadi penurunan kualitas air tanah maka dapat memperburuk pula kualitas air sungainya.

### Kondisi Penggunaan Lahan

Secara umum, penggunaan lahan di lokasi penelitian terdiri atas sawah, permukiman, kebun, ladang, dan semak belukar. Penilaian penggunaan lahan untuk tingkat kerentanan pencemaran air permukaan dilakukan pada sepanjang aliran Sungai Panggang sehingga penggunaan yang memasuki batas aliran Sungai Panggang berupa sawah dan permukiman. Sawah memiliki harkat 7, sedangkan permukiman memiliki harkat 8. Bobot parameter penggunaan lahan adalah 3 yang merupakan bobot maksimal dalam penilaian kerentanan air permukaan PCSM dibandingkan parameter lainnya. Hal ini menunjukkan adanya hubungan erat antara kerentanan pencemaran dengan tipe penggunaan lahannya.

**Tabel 9.** Skoring Penggunaan Lahan

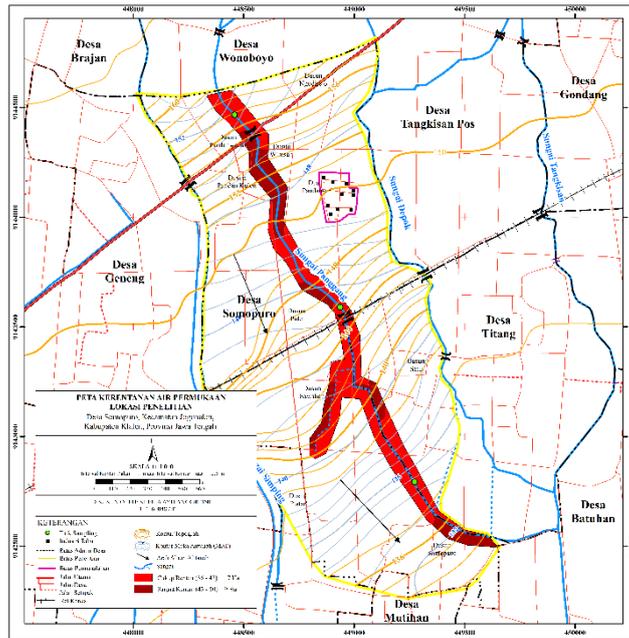
Penggunaan Lahan	Harkat	Bobot	Skor
Sawah	7	3	21
Permukiman	8	3	24

Sumber: Data lapangan peneliti, 2021

Penggunaan lahan seperti permukiman, sawah, dan tegalan memiliki merupakan tipe penggunaan lahan yang rentan terhadap kerentanan air permukaan karena ketiga jenis penggunaan lahan ini berpotensi menghasilkan limbah domestik maupun limbah dari pelarutan pupuk yang digunakan (Nurkholis, 2016). Penggunaan lahan berupa sawah berperan dalam menyumbangkan nitrat dari pelarutan pupuk, sedangkan permukiman yang merupakan tempat berlangsungnya berbagai macam kegiatan termasuk di dalamnya kegiatan industri rumah tangga menjadi faktor yang menyebabkan tingginya kerentanan terhadap pencemaran.

### Zonasi Kerentanan Pencemaran Air Permukaan

Berdasarkan hasil analisis tumpang susun (*overlay*) 3 parameter kerentanan air permukaan diperoleh 2 kelas tingkat kerentanan, yaitu cukup rentan dan sangat rentan. Kerentanan permukaan kelas cukup rentan menempati 17 Ha atau setara 65,3846% dari total luas wilayah penelitian, sedangkan kerentanan permukaan kelas sangat rentan menempati 9 Ha atau setara 34,6154% dari total luas wilayah penelitian. Faktor yang memengaruhi perbedaan kondisi kelas kerentanan air permukaan cukup rentan dan sangat rentan adalah jenis penggunaan lahan.



**Gambar 2.** Peta Kerentanan Air Permukaan Lokasi Penelitian  
Sumber: Data Lapangan Peneliti (2021)

Kategori kelas kerentanan cukup rentan tersebar pada daerah hulu, tengah, dan hilir Sungai Panggang. Kerentanan permukaan cukup rentan sebesar 17 Ha atau setara 65,3846% dari total luas wilayah penelitian merupakan daerah yang memiliki jenis penggunaan lahan berupa sawah. Kemiringan lereng pada kelas kerentanan cukup rentan adalah 0 – 2% yang merupakan dataran sehingga laju *runoff* lebih rendah, namun curah hujan pada lokasi penelitian cukup tinggi yaitu sebesar 2736 mm/tahun. Penggunaan lahan berupa sawah berperan menyumbang pelarutan pupuk yang kemudian tertransportasi melalui *runoff* dari curah hujan yang tinggi.

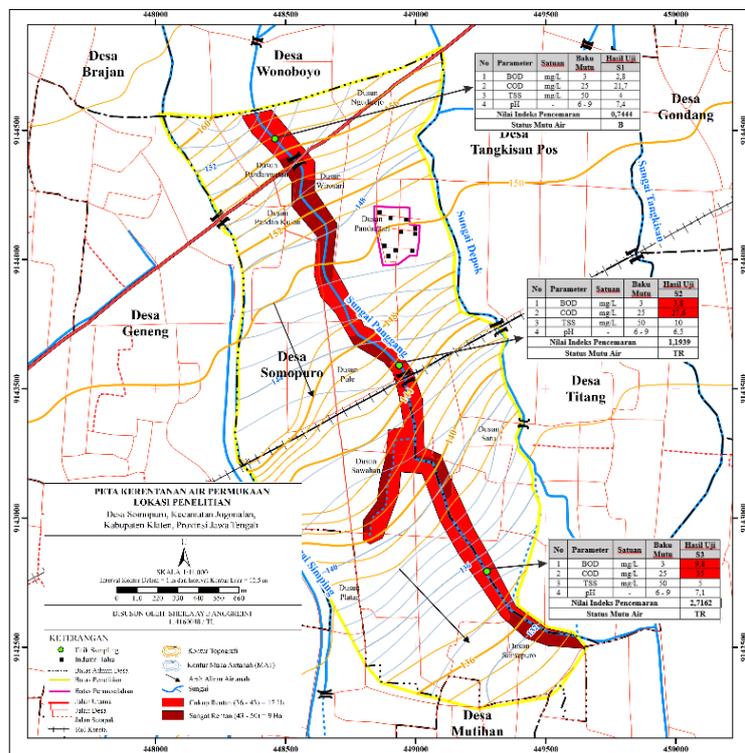
Kategori kelas kerentanan sangat rentan juga tersebar pada daerah hulu, tengah, dan hilir Sungai Panggang. Kerentanan permukaan sangat rentan sebesar 9 Ha atau setara 34,6154% dari total luas wilayah penelitian di mana persebarannya mengikuti jenis penggunaan lahan berupa permukiman. Kemiringan lereng pada kelas kerentanan sangat rentan adalah 0 – 2% yang berupa dataran serta memiliki curah hujan cukup tinggi sebesar 2736 mm/tahun. Penggunaan lahan permukiman berperan dalam menyumbang limbah domestik baik yang berasal dari sistem air tanah maupun *runoff* (Nurkholis, 2016).

Kelas kerentanan selanjutnya disesuaikan dengan nilai status mutu yang diperoleh dari perhitungan indeks pencemaran. Kesesuaian tingkat kerentanan berdasarkan kualitas sungai dapat dilihat pada Tabel 10. Terdapat korelasi antara kelas kerentanan permukaan dengan status mutu air sungai yaitu kesesuaian sebesar 66,67% pada sampel S2 dan S3 dan ketidaksesuaian sebesar 33,33% pada sampel S1.

**Tabel 10.** Kesesuaian Tingkat Kerentanan Permukaan Berdasarkan Status Mutu Air Sungai

Parameter	Baku Mutu	Hasil Uji		
		S1	S2	S3
BOD (mg/L)	3	2,8	3,8	9,8
COD (mg/L)	25	21,7	27,6	35
TSS (mg/L)	50	4	10	5
pH	6 - 9	7,4	6,5	7,1
<b>Nilai Indeks Pencemaran</b>		0,7444	1,1939	2,7162
<b>Status Mutu Air</b>		Tidak Tercemar	Tercemar Ringan	Tercemar Ringan
<b>Tingkat Kerentanan</b>		Cukup Rentan	Sangat Rentan	Sangat Rentan
<b>Kesesuaian Tingkat Kerentanan dengan Kualitas</b>		Tidak Sesuai	Sesuai	Sesuai

Sumber: Data lapangan peneliti, 2021



**Gambar 3.** Peta Kondisi Aktual Pencemaran Air Permukaan

Sumber: Data lapangan peneliti, 2021

Sampel S2 dan S3 berstatus tercemar ringan memiliki nilai indeks pencemaran 1,1939 dan 2,7162 yang ditemukan pada zona kerentanan sangat rentan di mana pada zona ini kondisi di lapangan ditemukan adanya aktivitas pembuangan limbah cair tahu yang berjarak 10 meter dari lokasi pengambilan sampel S2. Status mutu air yang tercemar ringan disebabkan oleh perjalanan limbah menuju *outlet* sebelum bermuara di sungai yang mengalami pengenceran sehingga konsentrasinya tidak terlalu tinggi. Terlebih lagi waktu pengambilan sampel yang telah memasuki musim penghujan menyebabkan pengenceran berlangsung cukup intensif sehingga memengaruhi kepekatan polutan menjadi lebih rendah. Terjadinya kenaikan nilai BOD serta COD pada sampel S3 diakibatkan adanya limbah buangan domestik dari permukiman maupun sawah di sepanjang alur sungai.

Sampel air sungai S1 berstatus tidak tercemar memiliki nilai indeks pencemaran 0,7444 yang ditemukan pada zona kerentanan agak rentan. Sampel sungai S1 berstatus baik/tidak tercemar mengakibatkan timbulnya ketidaksesuaian sebesar 33,33%. Status mutu yang tidak tercemar ini dikarenakan sampel S1 diambil pada bagian hulu Sungai Panggang yang belum menerima buangan

limbah cair tahu sehingga secara aktual belum terjadi pencemaran dibuktikan dengan masih rendahnya setiap parameter BOD, COD, dan TSS yang umumnya cukup tinggi ditemukan pada limbah buangan industri tahu.

Kondisi Sungai Panggang yang didominasi oleh jenis penggunaan lahan permukiman serta sawah menyebabkan daerah penelitian memiliki tingkat kerentanan terhadap pencemaran yang tinggi. Terdapatnya sumber kontaminan berupa pembuangan limbah cair industri tahu tanpa pengolahan pada bagian tengah sungai dapat memperburuk kualitas air sungai pada lokasi penelitian yang masih difungsikan sebagai sarana irigasi sawah. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya pengelolaan limbah untuk mencegah meningkatnya limbah yang dibuang memasuki sistem sungai sehingga kualitas sungai dapat terjaga untuk waktu yang lama.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Tingkat kerentanan pencemaran air permukaan akibat adanya pembuangan limbah cair industri tahu terbagi menjadi 2 kelas tingkatan, yaitu kerentanan cukup rentan seluas 17 Ha (65,3846%) dan sangat rentan 9 Ha (34,6154%). Perbedaan tingkat kerentanan dipengaruhi oleh jenis penggunaan lahan dimana tipe penggunaan lahan permukiman lebih berpotensi untuk menyumbangkan limbah domestik yang cukup besar.
2. Kesesuaian antara tingkat kerentanan pencemaran dengan kualitas air Sungai Panggang yang menjadi objek penelitian menunjukkan terdapat kesesuaian sebesar 66,67% dan ketidaksesuaian sebesar 33,33%. Ketidaksesuaian antara kelas kerentanan dengan status mutu air disebabkan oleh lokasi pengambilan sampel air yang diambil sebelum adanya aktivitas pembuangan limbah cair industri tahu sehingga secara aktual belum terjadi pencemaran.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta yang telah memberikan dukungan dan fasilitas selama menyelesaikan penelitian ini dan seluruh masyarakat Desa Somopuro yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Herlambang, A. (2002). *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT) dan Bapedal. Samarinda.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.
- Machiwal, D., Jha, Madan K., Singh, V.P., dan Mohan, C. (2018). *Assessment and Mapping of Goundwater Vulnerability do Pollution: Current Status and Challenges*. Earth Science. DOI:10.1016/j.earscirev.2018.08.009.
- Nurkholis, A., Widyarningsih, Y., Rahma, A. D., Suci, A., Abdillah, A., Wangge, G.A., Widiastuti, A. S., & Maretya, D. A. (2016). *Analisis Kerentanan Air Permukaan DAS Sembung, Kabupaten Sleman, DIY*. DOI: <http://doi.org/10.17605/OSF.IO/K54BE>.
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran.
- Rahadi, B., Wirosedarmo. R., & Harera, A. (2018). Sistem Anaerobik-Aerobik pada Pengolahan Limbah Industri Tahu untuk Menurunkan Kadar BOD, COD, dan TSS. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. DOI: <http://dx.doi.org/10.21776/ub.jsal.2018.005.01.3>.
- Subekti, S. (2011). *Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Skripsi Sarjana (S1) Universitas Padjajaran Bandung.