

Analisis Parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan pH (*potential Hydrogen*) Limbah Cair di PT. Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe

Devi Ramayanti¹, Ulil Amna^{1*}

¹Program Studi Kimia Fakultas Teknik Universitas Samudra
Jl. Meurandeh, Langsa Aceh 24416, Indonesia

* Corresponding author: ulil_amna@unsam.ac.id

ABSTRAK

Limbah adalah bahan yang dihasilkan setelah proses utama selesai yang umumnya dibuang oleh industri. Limbah industri dapat berbentuk padat, cair maupun gas. Buangan ini terutama terdiri dari air yang telah digunakan dengan kandungan sedikit bagian berupa zat padat yang terdiri dari senyawa organik dan anorganik. Berdasarkan baku mutu parameter pengelolaan air limbah di PT. PIM, kadar COD dan pH menjadi parameter proses utama dalam penentuan kualitas limbah. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui kadar limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi di PT.PIM sebelum dilakukan pembuangan ke badan air. Penentuan Parameter COD dan pH penting dilakukan karena nilai COD dan pH yang tidak memenuhi baku mutu akan menyebabkan kerusakan pada lingkungan. Analisis COD dilakukan dengan metode titrasi menggunakan COD meter, dan analisis PH dilakukan dengan metode elektrometri menggunakan pH meter. Berdasarkan hasil analisis limbah cair tersebut diperoleh COD 90-110 ppm dan nilai pH 8,50-9,00. Hasil ini menunjukkan pengelolaan limbah cair di PT.PIM masih memenuhi baku mutu sehingga aman ketika air limbah akan dibuang ke badan air.

Kata-kata kunci: COD, pH, limbah

PENDAHULUAN

Limbah adalah bahan yang timbul setelah proses utama selesai yang umumnya dibuang oleh masyarakat dan limbah ini dapat berbentuk padat, cair maupun gas. Limbah ini bisa berupa hasil sampingan (*by-product*) dan bahan tidak terpakai (*waste*) serta bahan sisa (*residual*). Limbah cair terutama terdiri dari air yang telah digunakan dengan minimal 0,1% bagian berupa zat padat yang terdiri dari senyawa organik dan anorganik. Kegiatan produksi dalam skala besar umumnya menghasilkan limbah cair dalam jumlah yang besar pula dan berpotensi untuk mengganggu fungsi lingkungan jika kualitas limbah cair tersebut belum memenuhi baku mutu.

Permasalahan lingkungan saat ini yang dominan salah satunya adalah limbah cair berasal dari industri. Limbah cair yang tidak dikelola akan menimbulkan dampak yang luar biasa pada perairan, khususnya sumber daya air. Alam memiliki kemampuan dalam menetralkan pencemaran yang terjadi apabila jumlahnya kecil, akan tetapi apabila dalam jumlah yang cukup besar akan menimbulkan

dampak negatif terhadap alam karena dapat mengakibatkan terjadinya perubahan keseimbangan lingkungan sehingga limbah tersebut dikatakan telah mencemari lingkungan. Hal ini dapat dicegah dengan mengolah limbah yang dihasilkan industri sebelum dibuang ke badan air. Limbah yang dibuang ke sungai harus memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, karena sungai merupakan salah satu sumber air bersih bagi masyarakat, sehingga diharapkan tidak tercemar dan bisa digunakan untuk keperluan lainnya (Junaidi dan Hatmanto, 2006).

Mutu air merupakan kondisi kualitas air yang diukur dan diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Secara umum untuk pengelolaan limbah PT. PIM merujuk pada lampiran LI Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 1995 Tentang Baku Mutu Menteri Lingkungan Hidup Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri sebagai monitor terhadap kualitas limbah cair tersebut apakah telah layak dan di perbolehkan untuk dibuang pada badan air, maka hendaklah sesuai dengan baku mutu

limbah cair dari mentri negara lingkungan hidup dan kebijakan daerah setempat dimana industri tersebut berada. Parameter limbah cair yang harus diperhatikan dan diuji sebelum dibuang kelingkungan diantaranya yaitu pH (*Potential Hydrogen*), BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), DO (Dissolved Oxygen), padatan tersuspensi (TSS) dan kekeruhan air, dan Warna (Widayatno dan Sriyani, 2008).

Jika suatu limbah yang telah melebihi dari ukuran baku mutu dalam beban pencemaran, maka limbah tersebut tidak diperbolehkan untuk dibuang ke badan air, yang merujuk kembali kepada SK tentang pembuangan air limbah ke laut dan peraturan undang-undang yang berlaku, hal tersebut dimaksudkan untuk menjaga ekosistem air dan kelestarian lingkungan. Adapun penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis parameter COD dan pH terhadap kadar limbah cair yang ada di PT. PIM. Hal ini penting dilakukan untuk mengetahui apakah kualitas air limbah dari proses produksi di PT. PIM telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan sehingga tidak mencemari lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Peralatan yang di gunakan dalam analisis ini adalah COD meter, pH meter, Labu ukur 100 ml, gelas kimia, pipet tetes, kuvet, erlenmeyer, dan pipet volum skala 5 ml dan 50 ml.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah dari *outlet* KPPL (Kolam Penampungan dan Pengolahan Limbah), air sulingan, kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$), Hg_2SO_4 , Ag_2SO_4 , H_2SO_4 , Ferro Ammonium Sulfat, dan larutan *buffer*.

Metode

Analisis Kadar COD

Analisis kadar COD dilakukan menggunakan COD meter. COD meter telah dikalibrasi sebelum dilakukan pengujian terhadap air limbah. Adapun analisis COD air limbah dilakukan sebagai berikut: Pipet 5 mL larutan sampel, kemudian dimasukkan kedalam tabung erlenmeyer 250 mL. Setelah itu dilakukan penambahan 1 gram Hg_2SO_4 , 1 mL $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N, 3 mL reagen yang berisi campuran

Ag_2SO_4 dan H_2SO_4 , kemudian mulut tabung COD ditutup, dikocok sampai homogen. Selanjutnya tabung COD beserta isinya dimasukkan kedalam reactor COD, tekan tombol on pada temperatur 148 ° C, kemudian membiarkannya selama 2 jam. Setelah 2 jam sampel dipanaskan, kemudian reactor COD dimatikan dengan cara menekan tombol off, kemudian tabung COD dituangkan kedalam erlenmeyer dan tabung COD dibilas dengan aquadest. Kemudian larutan tersebut ditambahkan indikator feroin dan dilakukan titrasi dengan Ferro Ammonium Sulfat (FAS) 0,1 N. Selanjutnya dilakukan perhitungan kadar COD limbah cair yang telah mendapat perlakuan dan blanko. (Alaerts dan Santika, 1984). Perhitungan COD dilakukan dengan rumus berikut:

$$COD = \frac{(A-B) \times N \times FAS \times Be_{O_2} \times P}{V \text{ Sampel}}$$

Keterangan :

A : Blanko (mL)

B : Sampel (mL)

P : Pengenceran

Be O_2 : 8000

N : Normalitas = FAS (*Ferro Amonium Sulfat*)

Analisis pH

Pengukuran pH limbah cair dilakukan dengan metode elektrometri menggunakan pH meter. Sebelum digunakan pH meter dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan tiga larutan *buffer* dengan pH 5, 7, dan 9. Setelah kalibrasi dimasukkan elektroda ke dalam limbah cair untuk diukur. Setelah angka pada pH meter tersebut stabil, maka nilai pH langsung terbaca dan angka tersebut menunjukkan nilai pH yang diukur (Yulfizar, 2011).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil analisis COD dan pH dalam limbah cair yang di ambil dari pada bulan Januari 2018 adalah seperti pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1 Hasil analisa harian limbah cair outlet KPPL berdasarkan parameter COD dan pH.

NO	TANGGAL	COD (ppm)	pH
1	08 Januari 2018	102	9.00
2	09 Januari 2018	94	9.00
3	10 Januari 2018	102	8.90

4	11 Januari 2018	102	8.50
5	12 Januari 2018	100	8.90
6	15 Januari 2018	96	9.00
7	16 Januari 2018	102	9.00
8	17 Januari 2018	100	8.55
9	18 Januari 2018	96	9.00
10	19 Januari 2018	96	8.55
11	22 Januari 2018	104	8.85
12	23 Januari 2018	102	9.00
13	24 Januari 2018	104	9.00
14	25 Januari 2018	104	9.00
15	26 Januari 2018	110	9.00
16	29 Januari 2018	108	9.00
17	30 Januari 2018	110	9.00
18	31 Januari 2018	108	8.75

Secara umum untuk pengelolaan limbah PT. PIM merujuk pada lampiran LI Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 1995 Tentang Baku Mutu Menteri Lingkungan Hidup Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri. Sebagai monitor terhadap kualitas limbah cair tersebut apakah telah layak dan di perbolehkan untuk dibuang pada badan air, maka harus sesuai dengan baku mutu limbah cair dari menteri negara lingkungan hidup dan kebijakan daerah setempat dimana industri tersebut berada. saat ini *waste water treatment regulation* yang berlaku di PT. PIM berdasarkan kep. 51/MENLH/LI/2014 mengenai baku mutu air limbah bagi usaha atau kegiatan industri pupuk seperti pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Baku mutu limbah cair untuk industri pupuk urea

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)	Beban Pencemaran Maksimum (Kg/Ton)
BOD ₅	100	1,5
COD	250	3,75
TSS	100	1,5
Minyak dan Lemak	25	0,4
Amonia Total (sebagai NH ₃ -N)	50	0,75

pH	6,0 - 9,0
Debit Limbah Maksimum	15 m ³ per ton produk pupuk urea

Analisis COD

COD (*Chemical Oxygen Demand*) sering disebut sebagai kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) merupakan jumlah oksigen dalam ppm atau mg/l yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi. Pengujian COD digunakan untuk mengukur padanan oksigen dari bahan organik dalam air limbah yang dapat dioksidasi secara kimiawi dengan penggunaan dikromat pada larutan asam. Peningkatan COD akan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Sami, 2012).

DO (*Dissolved Oxygen*) atau sering disebut dengan oksigen terlarut adalah banyaknya oksigen yang terkandung didalam air dan diukur dalam satuan ppm. Oksigen yang terlarut ini dipergunakan sebagai tanda derajat pengotor air baku. Oksigen adalah salah satu unsur kimia yang sangat penting sebagai penunjang utama kehidupan berbagai organisme. Oksigen dimanfaatkan oleh organisme perairan untuk proses respirasi dan menguraikan zat organik menjadi zat an-organik oleh mikro organisme. Oksigen terlarut dalam air berasal dari difusi udara dan hasil fotosintesis organisme berklorofil yang hidup dalam suatu perairan dan dibutuhkan oleh organisme untuk mengoksidasi zat hara yang masuk ke dalam tubuhnya. Semakin besar oksigen yang terlarut, maka menunjukkan derajat pengotoran yang relatif kecil. Rendahnya nilai oksigen terlarut berarti beban pencemaran meningkat sehingga koagulan yang bekerja untuk mengendapkan koloida harus bereaksi dahulu dengan polutan – polutan dalam air menyebabkan konsumsi bertambah (Simanjuntak, 2007).

COD berbanding terbalik dengan DO. Artinya, semakin sedikit kandungan udara di dalam air maka angka COD akan semakin besar. Besarnya angka COD tersebut menunjukkan bahwa keberadaan zat organik di air berada dalam jumlah yang besar. Organik-organik tersebut mengubah oksigen menjadi karbondioksida dan air sehingga perairan tersebut menjadi kekurangan oksigen. Hal inilah yang menjadi indikator seberapa besar

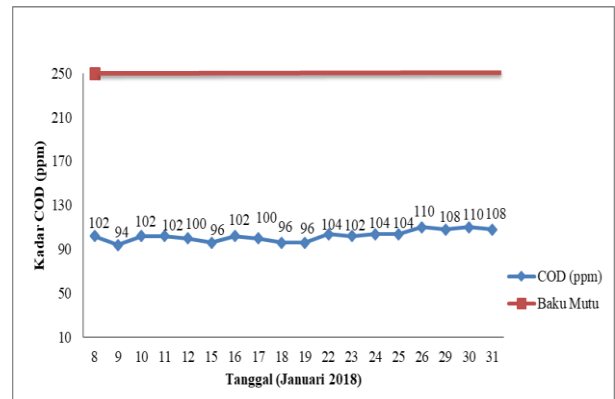
pencemaran di dalam limbah cair oleh pembuangan domestik dan industri. Semakin sedikit kadar oksigen di dalam air berarti semakin besar jumlah pencemar (organik) di dalam perairan tersebut (Prahutama, 2013).

Penentuan kadar COD di PT. PIM dilakukan menggunakan COD meter Hasil pengujian yang dilakukan terhadap limbah cair diperoleh data seperti pada Tabel 1. Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan kadar COD selama satu bulan, hal ini disebabkan adanya kandungan senyawa kimia yang terdapat pada limbah cair tersebut yang diuji setiap hari. Dimana limbah cair didalam KPPL mengandung bahan mineral dan zat-zat organik yang sebagian besar terdiri dari bahan-bahan nitrogen, ammonia, nitrat, dan nitrit. Tingginya bahan organik didalam limbah mengakibatkan beban pencemaran semakin besar, COD yang tinggi akan berdampak pada defisit oksigen dalam air sungai sehingga bisa mengakibatkan kematian pada ikan dan tumbuhan air. Nilai COD tinggi mengindikasikan bahwa air tercemar (Dewa dan Idrus, 2017).

Air yang tercemar, misalnya oleh limbah domestik ataupun limbah industri pada umumnya mempunyai nilai COD yang tinggi, sebaliknya air yang tidak tercemar mempunyai COD yang rendah karena hal itu, maka diperlukannya degradasi bahan organik yang lebih besar. Selain itu limbah cair pabrik ammonia juga mengandung senyawa organik yang tinggi antara lain dalam bentuk senyawa karbon, nitrogen, dan fosfat yang dapat mencemari lingkungan.

Dari data tabel 1 dapat dilihat bahwa ketika pabrik sedang tidak memproduksi (*shut down*), kadar konsentrasi COD yang di uji pada limbah cair outlet KPPL berkisar antara 90-104 ppm sedikit lebih rendah daripada air limbah pabrik yang sedang beroperasi yaitu berkisar antara 104-110 ppm.

Perbandingan kadar COD limbah dengan baku mutu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Grafik Kadar COD Limbah Cair di Outlet KPPL PT.PIM

Grafik tersebut menunjukkan bahwa kadar COD limbah cair pada outlet KPPL telah memenuhi persyaratan baku mutu air limbah, yaitu standar baku mutu yang merujuk pada keputusan menteri lingkungan hidup nomor KEP 51-/MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri dengan konsentrasi yang ditetapkan sebesar 250 ppm.

Jika seandainya hasil perhitungan COD pada sampel limbah melebihi ambang batas dan tidak sesuai baku mutu maka dampaknya adalah ekosistem biota laut terganggu, dan terciptanya ketidakseimbangan lingkungan. Nilai COD yang tinggi menunjukkan bahwa semakin banyak oksigen yang digunakan untuk mengurai senyawa-senyawa anorganik dalam cairan, sehingga oksigen yang digunakan sebagai sumber kehidupan biota air menjadi semakin sedikit. Sebagai limbah pun, jika kadar COD nya melebihi batas yang ditentukan maka dampaknya adalah harus dilakukan *treatment* khusus, seperti proses aerasi dalam pembuangannya (pengolahan di KPPL), dengan kata lain limbah tersebut tidak boleh begitu saja dibuang ke lingkungan (badan air) tanpa diturunkan kadar COD nya.

Jika terjadi kelebihan kadar COD dalam suatu zat cair, maka cara yang dapat dilakukan untuk menurunkan kadar COD tersebut adalah dengan menggunakan metode *tricking filter*. Pada *trickling filter* terjadi penguraian bahan organik yang terkandung dalam limbah. Penguraian ini dilakukan oleh mikroorganisme yang melekat pada filter media dalam bentuk lapisan biofilm. Pada lapisan ini bahan organik diuraikan oleh mikroorganisme aerob, sehingga nilai COD menjadi turun. Proses aerasi didalam KPPL adalah proses penambahan oksigen, dengan

menambahkan oksigen maka kadar COD akan mengalami perubahan sehingga proses aerasi dapat menurunkan kadar COD. Bila kadar COD terlalu tinggi maka air limbah akan dipompakan ke menara aerasi dan diturunkan kadar ammonia dan COD nya sekitar 20% (National Bureau of standards, 2006).

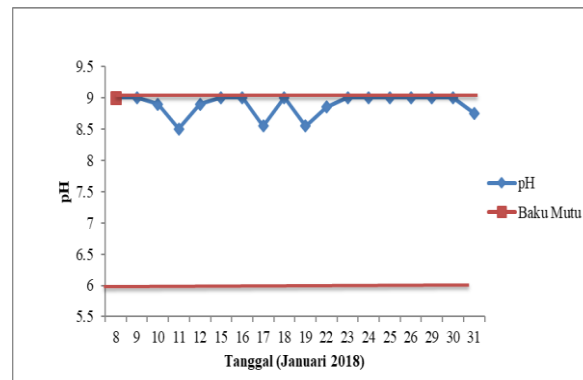
Analisis pH

Potential Hydrogen (pH) adalah indeks konsentrasi ion hidrogen ($[H^+]$) dalam air. $[H^+]$ mempengaruhi sebagian besar proses kimia dan biologi. Dengan demikian, pH merupakan variabel penting dalam upaya kualitas air. Parameter pH digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda (Boyd, dkk, 2011). Nilai pH merupakan karakteristik penting dari air limbah karena mempengaruhi reaksi-reaksi. Besar dan kecilnya nilai pH suatu limbah dipengaruhi oleh bahan-bahan kimia yang terkandung. Karena itu pH air limbah akan berbeda-beda sesuai kandungan senyawa kimianya. Pengolahan air limbah baik secara biologis maupun kimiawi, dapat berjalan dengan baik jika dilakukan pada pH yang tepat. Air murni bersifat netral, dengan pH-nya pada suhu 25 °C ditetapkan sebagai 7,0. Larutan dengan pH kurang daripada tujuh disebut bersifat asam, dan larutan dengan pH lebih daripada tujuh dikatakan bersifat basa atau alkali. Pengukuran pH sangatlah penting dalam bidang yang terkait dengan kehidupan atau industri pengolahan kimia (Zulius, 2017).

Berdasarkan standar baku mutu air PP No.82 Tahun 2001 (kelas II), pH yang baik untuk kegiatan budidaya ikan air tawar berkisar antara 6 – 9. pH yang ideal bagi kehidupan biota air tawar adalah antara 6,8 - 8,5. pH yang sangat rendah, menyebabkan kelarutan logam-logam dalam air makin besar, yang bersifat toksik bagi organisme air, sebaliknya pH yang tinggi dapat meningkatkan konsentrasi amoniak dalam air yang juga bersifat toksik bagi organisme air (Tatangindatu, dkk, 2012).

Alat pengukur pH elektronik yang umum dipakai di PT. PIM adalah pH meter. Berdasarkan hasil dari limbah outlet KPPL, sampel air limbah mempunyai nilai pH yang berbeda – beda. Hasil pengujian pH pada limbah KPPL ditunjukkan pada tabel 3.1. Berdasarkan table tersebut ketika pabrik sedang tidak berproduksi (*shut down*), kadar pH yang di uji

pada limbah cair outlet KPPL berkisar antara 8,50-9,0 sedikit lebih rendah daripada pH air limbah pabrik yang sedang beroperasi yaitu berkisar antara 8,75-9,0. Perbandingan nilai pH limbah dengan baku mutu dapat dilihat di Gambar 2.



Gambar 2 Grafik Nilai pH Limbah Cair Outlet KPPL PT.PIM

Dari hasil tersebut dapat dilihat kadar pH limbah cair pada outlet KPPL telah memenuhi persyaratan baku mutu air limbah, yaitu standart baku mutu yang merujuk pada Kep.MEN.LH 51/1995 dengan pH yang ditetapkan yaitu berpH 6,0-9,0.

Jika nilai pH tidak memenuhi standar baku mutu, maka air limbah tidak diperbolehkan untuk dibuang ke badan air, sehingga diperlukannya treatment khusus di dalam KPPL yaitu dengan melakukan *chemical injection* dengan menggunakan H_2SO_4 dan NaOH. Jika air limbah di dalam KPPL terlalu basa dan melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan maka akan diinjeksikan H_2SO_4 untuk menyeimbangkannya, sedangkan bila air limbah terlalu asam dan melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan maka akan diinjeksikan NaOH untuk menyeimbangkannya agar air limbah tersebut dapat dialirkan ke badan air.

KESIMPULAN

Berdasarkan data analisis dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kadar COD ketika pabrik sedang tidak berproduksi (*shut down*), yang di uji pada limbah cair outlet KPPL berkisar antara 90-104 ppm sedikit lebih rendah daripada limbah cair pabrik yang sedang beroperasi yaitu berkisar antara 104-110 ppm. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar COD limbah cair pada outlet KPPL PT.PIM

telah memenuhi persyaratan baku mutu air limbah yaitu dibawah 250 ppm.

2. Nilai pH ketika pabrik sedang tidak memproduksi (*shut down*), yang di uji pada limbah cair outlet KPPL berkisar antara 8,50-9,0 sedikit lebih rendah daripada pH limbah cair pabrik yang sedang beroperasi yaitu berkisar antara 8,75-9,0. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa kadar pH limbah cair pada outlet KPPL telah memenuhi persyaratan baku mutu air limbah yaitu berkisar antara 6,00-9 ,00.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT. Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Alerts, G dan Santika, SS. 1987. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional
- [2] Boyd, C.E., Tucker, C.S., dan Viriyatum, R., 2011, Interpretation of pH, Acidity, and Alkalinity in Aquaculture and Fisheries, North American Journal of Aquaculture, vo.73, pp. 403-408.
- [3] Dewa, R. P. dan Idrus, S., 2017, Identifikas Cemaran Air Limbah Industri Tahu di Kota Ambon, Majalah BIAM, vol.13, no.2, pp. 11-15.
- [4] Junaidi dan Hatmanto, D., 2006, Analisis Teknologi Pengolahan Limbah Cair pada Industri Tekstil (Studi Kasus PT. Iskandar Indah Printing Textile, Surakarta), *Jurnal PRESIPITAS*, vol.1, no.1, pp.1-6.
- [5] Keputusan Menteri Lingkungan Hidup, 1995, Nomor KEP-51/MENLH/10/1995 tentang *Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri*.
- [6] Prahutama, A., 2013, Estimasi Kandungan DO (*Dissolved Oxygen*) di Kali Surabaya dengan Metode Kringing, *Statistika*, vol.1, no.2, pp.9-14.
- [7] Sami, M., 2012, Penyisihan COD, TSS, dan pH dalam Limbah Cair Domestik dengan Metode Fixed-Bed Column Up Flow, *Journal of Science and Technology*, vol.10, no.21, pp.1-11
- [8] Simanjuntak, M., 2007, Oksigen Terlarut dan *Apparent Oxygen Utilization* di Perairan Teluk Klabat, Pulau Bangka, *Ilmu Kelautan*, vol.12, no.2, pp.59-66.
- [9] Tatangindatu, F., Kalesaran, O., dan Rompas, R., 2013, Studi Parameter Fisika Kimia Air pada Areal Budidaya Ikan di Danau Tondano, Desa Paleloan, Kabupaten Minahasa, *Budidaya Perairan*, vol. 1, no. 2, pp.8-19.
- [10] Widayatno, T., dan Sriyani, 2008, Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka dengan Menggunakan Metode Elektroflokulasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*. Yogyakarta. ISBN: 978-978-3980-15-7, pp.84-89.
- [11] Yulvizar, C., 2011, Efektivitas Pengolahan Limbah Cair dalam Menurunkan Kadar Fenol di Rumah Sakit Umum Daerah dr. Zainoel Abidin (RSUDZA) Banda Aceh, *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi, Biologi Edukasi*, vol.3, no.2, pp.9-15.
- [12] Zulius, A., 2017, Rancang Bangun Monitoring pH Air Menggunakan *Soil Moisture* Sensor di SMK N 1 Tebing Tinggi Kabupaten Empat Lawang, *JUSIKOM*, vol.2, no.1, pp. 37-43.