

TA/TL/2021/1303

TUGAS AKHIR

**PENERAPAN *CLEARITY METER* SEBAGAI ALAT
UKUR SEDERHANA KUALITAS INFLUEN DAN
EFLUEN PENGUJIAN PARAMETER TSS, TDS, COD,
DAN BOD DI IPAL PALGADING DAN TIRTO ASRI**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**NURUL ISTIQOMAH AGUSTIN
16513147**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2021**

TUGAS AKHIR

PENERAPAN *CLEARITY METER* SEBAGAI ALAT UKUR SEDERHANA KUALITAS INFLUEN DAN EFLUEN PENGUJIAN PARAMETER TSS, TDS, COD, DAN BOD DI IPAL PALGADING DAN TIRTO ASRI

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



NURUL ISTIQOMAH AGUSTIN
16513147

Disetujui.
Dosen Pembimbing:


Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.

NIK. 155131313

Tanggal:


Elita Nurfitriyani Sulistyono, S.T., M.Sc.

NIK. 185130402

Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII




Eko Siswanto, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

NIK. 025100406

Tanggal: 15 Juni 2021

HALAMAN PENGESAHAN

**PENERAPAN *CLEARITY METER* SEBAGAI ALAT UKUR
SEDERHANA KUALITAS INFLUEN DAN EFLUEN
PENGUJIAN PARAMETER TSS, TDS, COD, DAN BOD DI
IPAL PALGADING DAN TIRTO ASRI**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Kamis
Tanggal : 10 Juni 2021

Disusun Oleh:

**NURUL ISTIQOMAH AGUSTIN
16513147**

Tim Penguji :


Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.

()

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

()

Luqman Hakim, S.T., M.Si.

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 Februari 2021
Yang membuat pernyataan,



Nurul Istiqomah Agustin
NIM: 16513147

PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Penerapan *Clarity Meter* sebagai Alat Ukur Sederhana Kualitas Influen dan Efluen Pengujian Parameter TSS, TDS, COD, dan BOD di IPAL Palgading dan Tirto Asri”. Penyusunan laporan Tugas Akhir bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi mahasiswa S1 Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan dan waktu perkuliahan tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak baik moril maupun materi. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan Tugas Akhir dan selama perkuliahan kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan kemudahan dan kekuatan dalam menjalani dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak Yusuf Sudarlis dan Ibu Sri Suwarni yang senantiasa memberikan doa, ridha, dan dukungannya. Serta keluarga besar yang mendukung.
3. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng., selaku koordinator Tugas Akhir Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Ibu Dr. Suphi Rahmawati, S.T., M.T., dan Ibu Elita Nurfitriyani, S.T., M.Sc., selaku pembimbing Tugas Akhir yang banyak meluangkan waktu membantu dan membimbing dengan sabar sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
6. Bapak Luqman Hakim, S.T., M.Si., selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu untuk membantu penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Lingkungan UII yang telah memberikan ilmu, pengalaman, kesempatan, dan bantuan. Semoga ilmu dan pengalamannya dapat bermanfaat bagi penulis dan orang lain.
8. Yayasan VDMI dan keluarga VDMI yang telah memberikan beasiswa dan pengetahuan *soft skill* untuk perkembangan penulis.
9. Saudari Ainun Mradiah selaku *partner* dalam pengerjaan penelitian Tugas Akhir ini.
10. Sahabat-sahabat penulis Nur Farah Husna, Nindy Prastiwi, Tri Suwarni, Reza Noviani, dan Diah Ayu Lestari yang selalu mendukung, mendengarkan, dan selalu ada.
11. Teman-teman angkatan 2016 di Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII yang telah membantu banyak hal dalam menyelesaikan Tugas Akhir maupun saat perkuliahan.
12. Pihak-pihak terkait yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan masih terdapat banyak kekurangan dan belum dapat mencapai kesempurnaan. Penulis berharap kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak sebagai koreksi kedepannya. Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak khususnya dalam bidang lingkungan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 15 Februari 2021

Nurul Istiqomah Agustin



ABSTRAK

NURUL ISTIQOMAH AGUSTIN. Penerapan *Clarity Meter* sebagai Alat Ukur Sederhana Kualitas Influen dan Efluen Pengujian Parameter TSS, TDS, COD, dan BOD di IPAL Palgading dan Tirto Asri. Dibimbing oleh Dr. SUPHIA RAHMAWATI, S.T., M.T., dan ELITA NURFITRIYANI SULISTYO, S.T., M.Sc.

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan daerah dengan pertumbuhan penduduk yang tinggi. Hal ini mempengaruhi tingginya jumlah limbah domestik yang dihasilkan. IPAL Komunal dapat menjadi salah satu solusi dalam pengolahan air limbah domestik. Data dari DLH DIY 2016 tercatat 376 IPAL komunal di seluruh DIY, tetapi hanya 41 IPAL yang dipantau, sisanya tidak mengetahui nilai efluen yang dihasilkan. Tingginya biaya pengujian parameter juga menjadi alasan. Diperlukan suatu alternatif pemantauan yang mudah, murah, sederhana, portabel, dan hasil langsung dapat dibaca sehingga dapat dilakukan secara mandiri. *Clarity meter* merupakan suatu alat ukur sederhana yang digabungkan dengan kurva kalibrasi untuk mengetahui hubungan antar parameter dengan metode analisis regresi linier berganda. Penelitian dilakukan di IPAL komunal Palgading dan Tirto Asri dengan parameter uji TSS, TDS, COD, dan BOD dengan metode pada SNI 6989. Terbentuk regresi berganda pada *inlet* IPAL Palgading diameter besar antara parameter TSS, BOD, dan ketinggian sehingga terbentuk persamaan $Y = 12,068 - 0,024TSS + 0,122BOD$. Terbentuk pula regresi sederhana pada *inlet* IPAL Palgading diameter kecil anatara parameter TDS dan ketinggian sehingga membentuk persamaan $Y = 22,832 - 0,027TDS$. Sedangkan pada poin yang lain masih belum memenuhi dari segi normalitas dan signifikansinya.

Kata kunci: Air limbah domestik, clarity meter, pemantauan IPAL komunal

ABSTRACT

NURUL ISTIQOMAH AGUSTIN. Application of *Clarity Meter* as a Simple Measurement Tool for Influent and Effluent Quality Testing for TSS, TDS, COD, and BOD Parameters in WWTP Palgading and Tirto Asri. Supervised by Dr. SUPHIA RAHMAWATI, S.T., M.T., and ELITA NURFITRIYANI SULISTYO, S.T., M.Sc.

Yogyakarta Special Region is an area with high population growth. This affects the high amount of domestic waste produced. Communal WWTP can be a solution in domestic wastewater treatment. Data from DLH DIY 2016 recorded 376 communal WWTPs throughout DIY, but only 41 WWTPs were monitored, the rest did not know the value of the effluent generated. The high cost of parameter testing is also a reason. An alternative monitoring is needed that is easy, inexpensive, simple, portable, and the results can be read immediately so that it can be done independently. The clarity meter is a simple measuring instrument that is combined with a calibration curve to determine the relationship between parameters using the multiple linear regression analysis. The research was

conducted at the Palgading and Tirto Asri communal WWTPs with the TSS, TDS, COD, and BOD test parameters relate in SNI 6989. Multiple regressions were formed on the inlet of the Palgading communal WWTP large diameter between the parameters of TSS, BOD, and height so that the equation $Y = 12.068 - 0.024TSS + 0.122BOD$ was formed. A simple regression was also formed on the Palgading communal WWTP inlet of small diameter between the parameters of TDS and the height so that it formed the equation $Y = 22.832 - 0.027TDS$. Meanwhile, on other sampels, it is still not fulfilling in terms of normality and significance.

Keywords: Clarity meter, domestic wastewater, monitoring of communal wastewater treatment



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 <i>Alat Clarity Meter</i>	3
2.2 IPAL Komunal dan Permasalahannya	4
2.3 Parameter Pengujian	4
2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik	6
2.5 Penelitian Terdahulu	6
BAB III METODE PENELITIAN	9
3.1 Metode Penelitian	9
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	9
3.3 Kerangka Penelitian	10
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Gambaran IPAL Komunal	17
4.2 Kualitas Air Limbah Domestik	19
4.4 Analisis Data	26
BAB V KESIMPULAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	48



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Baku mutu air limbah kegiatan IPAL domestik dan tinja komunal	6
Tabel 2 Penelitian terdahulu	6
Tabel 3 Penjelasan lokasi IPAL	10
Tabel 4 Metode pengujian parameter	13
Tabel 5 Ringkasan kondisi tiap IPAL	18
Tabel 6 Mean dan standar deviasi TSS	20
Tabel 7 Mean dan standar deviasi TDS	21
Tabel 8 Mean dan standar deviasi COD	23
Tabel 9 Mean dan standar deviasi BOD	25
Tabel 10 Signifikansi setiap sampel dan diameter tabung	26
Tabel 11 Data <i>inlet</i> IPAL Palgading diameter besar	27
Tabel 12 Uji normalitas inlet IPAL Palgading diameter besar	27
Tabel 13 Uji korelasi antar parameter inlet IPAL Palgading diameter besar	27
Tabel 14 Coefficients inlet IPAL Palgading diameter besar	28
Tabel 15 Uji korelasi berganda <i>inlet</i> IPAL Palgading diameter besar	28
Tabel 16 Model summary inlet IPAL Palgading diameter besar	29
Tabel 17 Anova inlet IPAL Palgading diameter besar	29
Tabel 18 Coefficients inlet IPAL Palgading diameter besar	29
Tabel 19 Data inlet IPAL Palgading diameter kecil	30
Tabel 20 Uji normalitas inlet IPAL Palgading diameter kecil	30
Tabel 21 Uji korelasi antar parameter inlet IPAL Palgading diameter kecil	30
Tabel 22 Coefficients inlet IPAL Palgading diameter kecil	31
Tabel 23 Uji korelasi berganda <i>inlet</i> IPAL Palgading diameter kecil	31
Tabel 24 Model summary inlet IPAL Palgading diameter kecil	32
Tabel 25 Coefficients inlet IPAL Palgading diameter kecil	32
Tabel 26 Data outlet IPAL Palgading diameter besar	32
Tabel 27 Uji normalitas outlet IPAL Palgading diameter besar	33
Tabel 28 Uji korelasi antar parameter outlet IPAL Palgading diameter besar	33
Tabel 29 Coefficients outlet IPAL Palgading diameter besar	33
Tabel 30 Uji korelasi berganda <i>outlet</i> IPAL Palgading diameter besar	34
Tabel 31 Data outlet IPAL Palgading diameter kecil	34
Tabel 32 Uji normalitas outlet IPAL Palgading diameter kecil	35
Tabel 33 Data inlet IPAL Tirto Asri diameter besar	35
Tabel 34 Uji normalitas inlet IPAL Tirto Asri diameter besar	35
Tabel 35 Uji korelasi antar parameter inlet IPAL Tirto Asri diameter besar	36
Tabel 36 Coefficients inlet IPAL Tirto Asri diameter besar	36
Tabel 37 Uji korelasi berganda inlet IPAL Tirto Asri diameter besar	37
Tabel 38 Model summary inlet IPAL Tirto Asri diameter besar	37
Tabel 39 Data inlet IPAL Tirto Asri diameter kecil	38
Tabel 40 Uji normalitas inlet IPAL Tirto Asri diameter kecil	38
Tabel 41 Uji korelasi antar parameter inlet IPAL Tirto Asri diameter kecil	38
Tabel 42 Coefficients inlet IPAL Tirto Asri diameter kecil	39
Tabel 43 Uji korelasi berganda inlet IPAL Tirto Asri diameter kecil	39
Tabel 44 Data outlet IPAL Tirto Asri diameter besar	40
Tabel 45 Uji normalitas outlet IPAL Tirto Asri diameter kecil	40

Tabel 46 Data outlet IPAL Tirto Asri diameter kecil

40

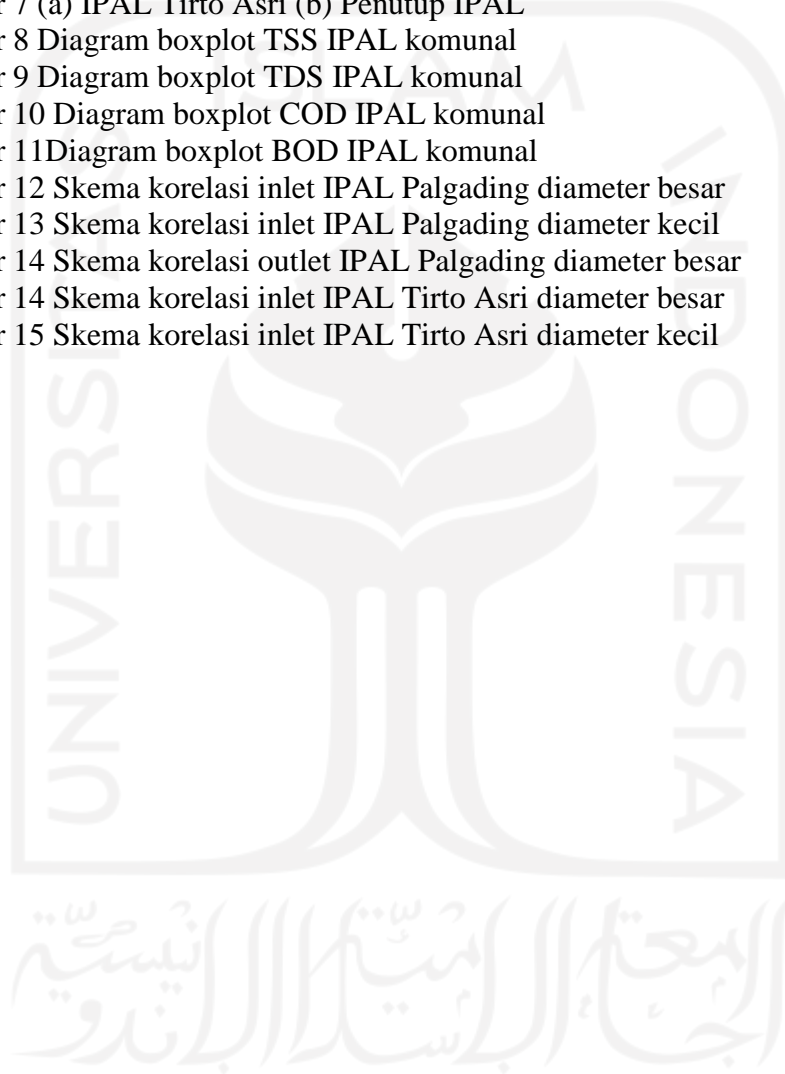
Tabel 47 Uji normalitas *outlet* IPAL Tirto Asri diameter kecil

41



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Ilustrasi alat	3
Gambar 2 Diagram alir penelitian	9
Gambar 3 Lokasi IPAL komunal Palgading dan Tirto Asri	10
Gambar 4 Diagram alir kerangka penelitian	11
Gambar 5 Alat clarity meter	12
Gambar 6 (a) IPAL Palgading (b) Pipa menuju pembuangan	17
Gambar 7 (a) IPAL Tirto Asri (b) Penutup IPAL	18
Gambar 8 Diagram boxplot TSS IPAL komunal	19
Gambar 9 Diagram boxplot TDS IPAL komunal	21
Gambar 10 Diagram boxplot COD IPAL komunal	23
Gambar 11 Diagram boxplot BOD IPAL komunal	24
Gambar 12 Skema korelasi inlet IPAL Palgading diameter besar	28
Gambar 13 Skema korelasi inlet IPAL Palgading diameter kecil	31
Gambar 14 Skema korelasi outlet IPAL Palgading diameter besar	34
Gambar 14 Skema korelasi inlet IPAL Tirto Asri diameter besar	37
Gambar 15 Skema korelasi inlet IPAL Tirto Asri diameter kecil	39





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data efluen IPAL komunal DIY 2016.....	49
Lampiran 2 Tabel uji F.....	52
Lampiran 3 Tabel uji T	53





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan salah satu wilayah yang mengalami perkembangan secara signifikan di Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistika (BPS) Yogyakarta, pada tahun 2018 pertumbuhan penduduk DIY sebesar 1,16 persen. Setiap harinya masyarakat Yogyakarta membutuhkan air bersih untuk menjalankan aktivitasnya yang dapat berasal dari air sumur maupun air sungai. Menurut Buku Putih Sanitasi Yogyakarta, kebutuhan air bersih rata-rata tiap orang sebesar 80 liter/jiwa/hari. Sebanyak 80% dari air bersih tersebut akan berubah menjadi air limbah domestik setelah digunakan. Air limbah domestik merupakan buangan yang berasal dari aktivitas sehari-hari yang berhubungan dengan pemakaian air, dapat berasal dari WC, kamar mandi, dapur, dan cucian (Permen LHK No.68 Tahun 2016). Jika air buangan tersebut langsung dibuang ke lingkungan tanpa adanya proses pengolahan terlebih dahulu dapat mengganggu keseimbangan fisika dan kimiawi air sehingga dapat mengalami pencemaran.

Salah satu pengendalian dari limbah domestik adalah dibangunnya sistem air limbah skala rumah tangga atau disebut IPAL komunal, dengan harapan kualitas efluen limbah domestik memenuhi baku mutu. Dalam pengelolaannya terdapat campur tangan masyarakat sehingga masyarakat dapat mandiri mengurusnya (Sofyan, 2016). Menurut DLH DIY pada tahun 2016 tercatat terdapat 376 IPAL komunal, dengan cakupan 30 hingga 300 KK yang tersebar di Yogyakarta. Berdasarkan penelitian (Bhakti & Herumurti, 2016), dari 33 IPAL yang dijalankan di Surabaya, terdapat 13 unit IPAL yang dipantau, tetapi hanya 8 unit yang dipantau sesuai prosedur, yaitu pengujian kualitas setiap 6 bulan sekali. Begitupun dengan penelitian (Kurnianingtyas, Prasetya, & Tawfiequrrahman, 2020), suatu IPAL seharusnya dilakukan *monitoring* kualitasnya setiap 6 bulan sekali. Namun, fakta di lapangan menunjukkan adanya IPAL yang belum pernah dilakukan *monitoring* selama 9 tahun berjalannya IPAL. Kendala ini terjadi karena biaya operasional yang didapatkan dari iuran warga tidak berjalan dan juga harga pengujian yang cukup tinggi, sehingga dana untuk pengujian kualitas IPAL Komunal tidak tersedia.

Dari beberapa permasalahan tersebut diperlukan alternatif pemantauan kualitas IPAL yang mudah sehingga dapat dilakukan secara mandiri dan cepat oleh masyarakat. Salah satu alternatifnya adalah dengan alat *clarity meter*, suatu alat pengukuran sederhana yang digabungkan dengan kurva kalibrasi untuk mengetahui nilai beberapa parameter air limbah sekaligus. Hal ini merupakan salah satu bentuk pengabdian kepada masyarakat, sehingga diharapkan mempermudah pemantauan dan tidak membebani masyarakat dalam segi biaya, baik dalam pengoperasian ataupun perbaikan jika terjadi kerusakan. *Clarity meter* merupakan suatu alat yang diadopsi dari sistem *johkasou* dan *secchi* dimana mempunyai keuntungan harga yang murah, mudah, dan efektif.

Penelitian ini dilakukan untuk menguji air limbah IPAL komunal dengan alat *clarity meter* ditinjau dari karakteristiknya berupa parameter BOD, COD, TSS, dan TDS dengan tujuan mengetahui kualitas IPAL komunal yang akan diteliti.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat disimpulkan rumusan masalah dari penelitian ini:

1. Bagaimana kualitas influen dan efluen di IPAL komunal Palgading dan Tirto Asri?
2. Apakah alat *clarity* meter dapat mengetahui kualitas influen dan efluen IPAL komunal parameter TSS, TDS, COD, dan BOD dengan mudah, murah, sederhana, portabel, dan hasil langsung dapat dibaca?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan yang akan dicapai, yaitu:

1. Menguji kualitas influen dan efluen IPAL komunal Palgading dan Tirto Asri.
2. Membuat alat *clarity meter* yang dapat mengetahui kualitas influen dan efluen IPAL komunal parameter TSS, TDS, COD, dan BOD dengan mudah, murah, sederhana, portabel, dan hasil langsung dapat dibaca.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Hasil uji dapat mengetahui tingkat efektivitas IPAL komunal.
2. Memberikan alternatif perhitungan kualitas influen dan efluen dari IPAL komunal parameter TSS, TDS, COD, dan BOD dengan mudah, murah, sederhana, portabel, dan hasil langsung dapat dibaca.

1.5 Ruang Lingkup

Pelaksanaan penelitian ini difokuskan kepada:

1. Melakukan pengujian parameter air limbah IPAL komunal di Palgading dan Tirto Asri Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta meliputi TSS, TDS, COD, dan BOD.
2. Standar baku mutu air limbah domestik sesuai Peraturan Daerah, Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Cair untuk Kegiatan IPAL Domestik Komunal.
3. Pengujian parameter dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Kualitas Air Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia (TL, FTSP, UII).
4. Survei lokasi dan kondisi IPAL dilakukan pada bulan Desember 2019 dan pengujian parameter dilakukan pada bulan September hingga November 2020.
5. Parameter TSS dengan metode SNI 06-6989.3-2004, COD dengan metode SNI 6989.2:2009, dan BOD dengan metode SNI 6989.72:2009. Untuk metode sampling air limbah mengacu pada SNI 6989.59:2008.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alat *Clarity Meter*

Penggunaan dan cara kerja *clarity meter* sama dengan *turbidity tube*. Sistem ini menggunakan korelasi antara jarak pandang dengan kekeruhan. Digunakan sebuah penanda di bagian bawah tabung, air sampel dituangkan hingga penanda tidak terlihat. Ketinggian air pada saat dilihat dan sebagai penanda korelasi kekeruhan. Korelasi yang dihasilkan juga cukup akurat. Komponen yang digunakan adalah tabung bening, penutup tabung, penanda di penutup tabung, dan alat pengukur.

a. Tabung bening

Tabung ini berfungsi untuk menahan sampel air. Bahan yang digunakan harus bening dan terang agar ketinggiannya dapat dilihat. Penggunaan bahan yang bening dapat mengurangi pemantulan cahaya.

b. Penutup tabung

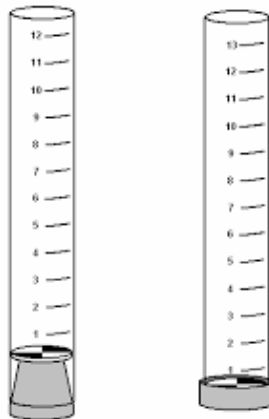
Penutup tabung ini untuk menghambat air keluar dari tabung. Menggunakan tutup tabung yang dapat dilepas agar mudah membersihkan isi tabung. Pastikan tutup tabung tidak bocor dan ukuran penutup tabung tergantung diameter tabung yang digunakan.

c. Penanda

Penanda ini akan terendam di dalam air sampel. Penanda yang digunakan juga harus terlihat jelas. Umumnya menggunakan latar belakang putih yang diwarnai dengan pola hitam. Penggunaan warna ini juga meningkatkan akurasi pembacaan.

d. Alat pengukur

Ketinggian air sampel pada titik non-visibilitas perlu diukur. Caranya dengan menandai tabung dengan tingkat kekeruhan air sampel dan kemudian diukur ketinggiannya. Alat pengukur dapat ditempelkan pada tabung ataupun disebelahnya (Myre & Shaw, 2006).



Gambar 1 Ilustrasi alat

Kelebihan penggunaan sistem ini antara lain:

- Mudah digunakan
- Harga terjangkau
- Penggunaan dengan hasil yang konsisten
- Kalibrasi yang mudah dengan sampel di lapangan (Mitchell, Brodie, & Faithful, 2007)

Penggunaan warna *secchi* berpengaruh dalam penilaian kedalaman *secchi*. *Secchi disk* merupakan kontras instrumen mata manusia dalam melihat objek dan *background* pada perairan, sehingga ketajaman visual dari pengamat berpengaruh terhadap hasil pembacaan. Secara teori, warna hitam akan menyerap warna dan warna putih akan memantulkan cahaya. Hal ini menyebabkan kepingan *secchi* yang berwarna hitam akan cepat tidak terlihat dari pada kepingan *secchi* berwarna putih. Sedangkan kombinasi hitam dan putih baik itu 2 ataupun 4 arsiran akan mempunyai nilai kedalaman diantara *secchi* hitam dan putih. Sehingga disarankan *secchi* berwarna putih dipergunakan di perairan laut, *secchi* berwarna hitam dipergunakan di sungai atau perairan mengalir, dan *secchi* berwarna hitam dan putih dipergunakan pada perairan tergenang atau danau (Indaryanto, 2015).

2.2 IPAL Komunal dan Permasalahannya

IPAL komunal merupakan tempat pengolahan air limbah domestik dalam skala besar yang digunakan bersama-sama oleh beberapa rumah tangga. Penggunaan IPAL komunal bertujuan untuk mewujudkan kota yang sehat melalui pengolahan air limbah domestik yang tepat, perlindungan kesehatan masyarakat, melindungi dan meningkatkan kualitas air tanah dan air permukaan agar dapat memenuhi kebutuhan air bersih dan pelestarian lingkungan (Aly, Hustim, & Palaganda, 2015). Pengolahan air limbah dapat dilakukan secara alami dan buatan. Pengolahan air limbah secara alami dapat dilakukan dengan bantuan kolam stabilisasi. Salah satu pengolahan buatan dalam mengolah air limbah adalah dengan mendirikan Pengolahan Air Limbah (IPAL). Terdiri dari tiga tahapan pengolahan, yaitu *primary treatment*, *secondary treatment*, dan *tertiary treatment* (Kencanawati, 2016).

Salah satu usaha pemerintah untuk menciptakan lingkungan yang sehat adalah dengan membentuk program Sanitasi Lingkungan Berbasis Masyarakat (SLBM) dengan membangun IPAL Komunal. Pendirian IPAL komunal menjadi salah satu pilihan penanganan limbah domestik. Kelembagaan SLBM mempunyai 2 tugas dan tanggung jawab, yaitu panitia pembangunan dan badan pengelolaan. Pada perjalanan IPAL Komunal terdapat prosedur yang belum dijalankan, seperti, pemeriksaan pada bak kontol dan pembuangan lumpur atau sampah setiap 3 hari sekali, pengujian kualitas air limbah setiap 6 bulan sekali, pengurusan IPAL dengan truk tinja selama 2 tahun sekali. Hal-hal tersebut dapat mempengaruhi kinerja IPAL menjadi tidak optimal (Kurnianingtyas, Prasetya, & Tawfieurrahman, 2020).

2.3 Parameter Pengujian

a. Total Suspended Solid (TSS)

TSS merupakan bahan tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan, dapat berupa lumpur, pasir halus, dan jasad-jasad renik yang disebabkan oleh erosi yang terbawa ke badan air dengan diameter lebih dari 1 μm . TSS dapat menyebabkan perubahan fisika, kimia, dan biologi. Perubahan fisika meliputi penambahan zat organik

maupun anorganik sehingga meningkatkan kekeruhan yang menghambat penetrasi cahaya ke badan air. Penetrasi cahaya berpengaruh terhadap fotosintesis yang dilakukan fitoplankton dan tumbuhan air lainnya. Selain itu, TSS juga mempengaruhi penurunan kesediaan oksigen terlarut dan jika terjadi terus menerus menyebabkan perairan menjadi anaerob, sehingga organisme aerob mati (Rinawati, 2016).

b. *Total Dissolve Solid* (TDS)

TDS merupakan jumlah material organik maupun anorganik yang terlarut di dalam air berdiameter kurang dari 10^{-6} mm. Dapat berupa senyawa koloid, karbonat, bikarbonat, ion-ion organik, natrium, klorida, sulfat, kalsium, dan lain-lain. TDS mewakili jumlah ion yang terdapat di dalam air. Pengujian TDS dapat dilakukan dengan berbagai teknik. Alat yang paling standar digunakan adalah TDS meter (Cahyani, Harmadi, & Wildian, 2016).

Sumber utama TDS di perairan dapat berasal dari pertanian, limbah rumah tangga, dan industri. Perubahan konsentrasi TDS berdampak pada perubahan salinitas, perubahan komposisi ion-ion, dan toksisitas tiap ion. Dampak perubahan salinitas menyebabkan terganggunya keseimbangan biota air, bio diversitas, dan menimbulkan spesies yang kurang toleran (Rinawati, 2016).

a. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik maupun anorganik. Pengujian parameter COD merupakan bentuk lain pengukuran kebutuhan oksigen dalam limbah dimana metode ini lebih singkat jika dibandingkan dengan BOD. Pengukuran nilai COD lebih menekankan kebutuhan oksigen akan kimia dimana senyawa-senyawa yang diukur adalah bahan-bahan yang tidak dipecah secara biokimia. Ketika di dalam air mengandung racun atau logam, maka pertumbuhan bakteri akan terhalang sehingga pengukuran BOD menjadi kurang realistis, maka dari itu lebih baik menggunakan pengujian COD. Nilai COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat anorganik (Kencanawati, 2016). Kadar COD biasanya lebih tinggi dari BOD, hal ini terjadi karena senyawa kimia lebih banyak dan dapat dioksidasi secara kimia dari oksidasi biologi. Limbah domestik biasanya mempunyai nilai rasio COD:BOD₅ mendekati 2 (Siregar, 2016).

d. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

BOD atau juga disebut Kebutuhan Oksigen Biokimia (KOB) adalah kebutuhan oksigen bakteri untuk menguraikan atau mengoksidasi semua zat-zat organik yang terlarut ataupun tersuspensi dalam air menjadi lebih sederhana. Penguraian terjadi secara alami dimana aktifnya bakteri dalam menguraikan bersamaan dengan habisnya konsumsi oksigen. Pemeriksaan BOD didasarkan aras reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen dimana proses tersebut dapat berlangsung dikarenakan adanya bakteri (Kencanawati, 2016).

BOD merupakan karakteristik untuk menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme dalam mengurai atau mendekomposisi bahan organik secara aerob (Sutisna, 2018). Banyaknya oksigen dalam air yang dibutuhkan oleh mikroorganisme aerobik untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut maupun yang tersuspensi. Terjadinya proses penguraian zat organik

merupakan proses alamiah, suatu badan perairan yang dicemari zat organik maka selama proses penguraian mikroorganisme dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air. Hal ini dapat menimbulkan bau busuk (Ningrum, 2018).

2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Upaya yang dilakukan oleh pemerintahan provinsi DIY untuk menahan laju beban pencemaran adalah dengan memberlakukan peraturan baku mutu air limbah domestik, yaitu Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah. Pada Tabel 1 merupakan data baku mutu air limbah domestik IPAL komunal.

Tabel 1 Baku mutu air limbah kegiatan IPAL domestik dan tinja komunal

Parameter	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (Kg/Ton)	
		IPAL Domestik Komunal	IPAL Tinja Komunal
BOD	75	9	1,5
COD	200	24	4
TDS	2.000	240	40
TSS	75	9	1,5

Sumber: Perda DIY No. 7 Tahun 2016

2.5 Penelitian Terdahulu

Evaluasi terhadap kinerja IPAL komunal sudah pernah dilakukan pada waktu dan lokasi yang berbeda. Alat *clarity meter* merupakan adaptasi dari penggunaan *secchi disk* dan *turbidity tube* yang dipadu padankan dengan regresi berganda, maka terdapat beberapa penelitian yang menjelaskan hal tersebut. Berikut merupakan beberapa hasil dari penelitian terdahulu.

Tabel 2 Penelitian terdahulu

Nama	Hasil
(Smith & Croker, Water Clarity Criteria for Bathing Waters Based on User Perceptio, 1991)	Penggunaan <i>secchi disk</i> untuk melihat kecocokan air yang digunakan untuk mandi setidaknya mempunyai kedalaman tidak kurang dari 1,5 meter.
(Smith & Colley, Perception of Water Clarity and Colour in Terms of Suitability for Recreational Use, 1992)	Kurva yang menghubungkan kejernihan air untuk mandi dan estetika air tawar di Selandia Baru dengan menggunakan cakram hitam dianggap telah sesuai dengan yang ditemukan pada penelitian sebelumnya. Diharapkan teknik atau bahkan hasilnya dapat digunakan di negara lain.
(Widodo & Maulani, 2016)	Kandungan BOD dan TSS sangat mempengaruhi peningkatan kandungan COD pada IPAL. Variabel BOD dan TSS mempunyai korelasi sebesar 83,7% atau korelasinya besar terhadap kandungan COD dengan model regresi $COD = 2,898 BOD + 0,343 TSS$

Nama	Hasil
(Susanthi, Purwanto, & Suprihatin, 2018)	Efluen dari IPAL komunal yang beroperasi di Kota Bogor mempunyai beberapa parameter yang melebihi baku mutu Permen LHK No.P.68 Tahun 2016. Diperlukan optimalisasi pengelolaan fasilitas IPAL komunal.
(Kurnianingtyas, Prasetya, & Tawfiequrrahman, 2020)	IPAL Komunal Kalisong menggunakan sistem ABR dan AF dengan permasalahan hasil efluen berwarna keruh, hal ini terjadi karena kurangnya pemeliharaan dari pengelola. Hasil efluen untuk parameter COD, BOD, dan TSS masih melebihi baku mutu.
(Mitchell, Brodie, & Faithful, 2007)	Turbidity tube merupakan metode yang baik untuk menentukan konsentrasi tersuspensi. Sedangkan untuk pengukuran nutrisi, semakin sederhana metode maka semakin besar kesalahannya. Karena mudah digunakan tetapi relatif tidak akurat.

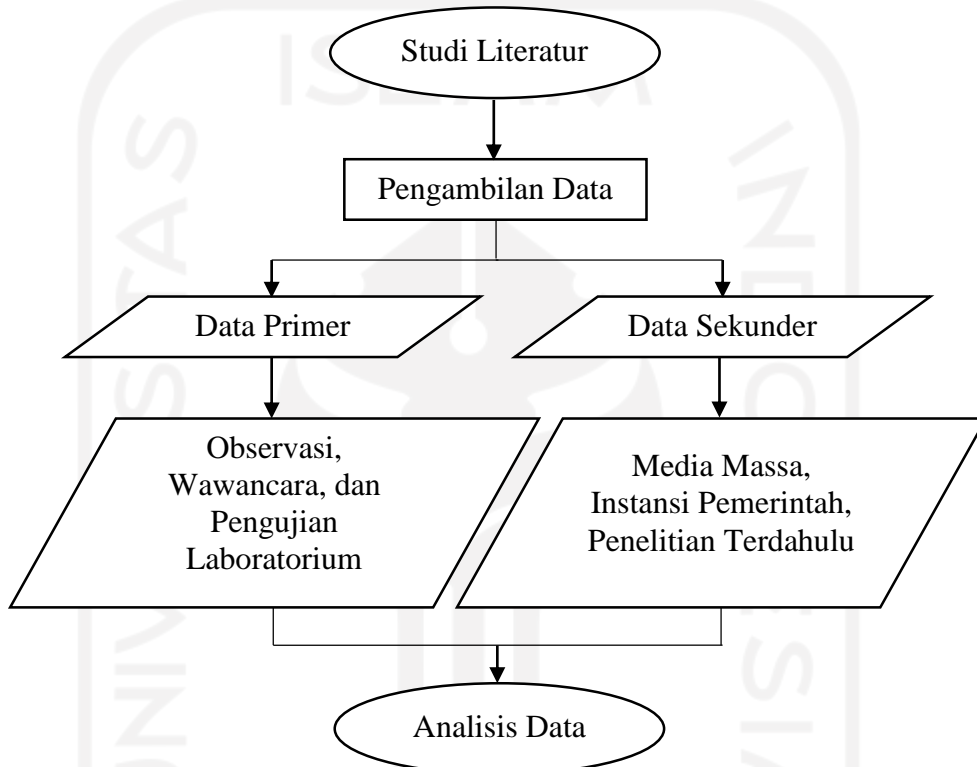




BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

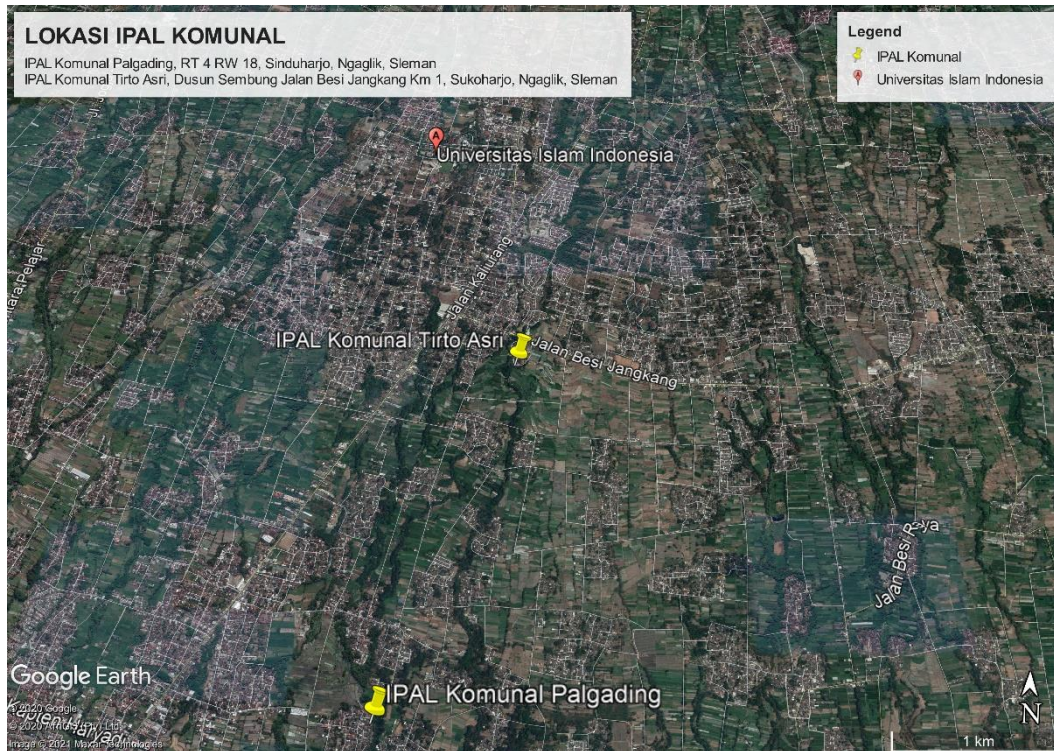
Metode penelitian secara umum ditunjukkan pada Gambar 2. Diagram alir penelitian menggambarkan garis besar tahapan yang akan dilakukan. Pada tahap ini mengumpulkan data-data primer dan sekunder yang mempengaruhi dalam menganalisis data.



Gambar 2 Diagram alir penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Pengambilan data dilakukan di IPAL Komunal Palgading di RT 4 RW 18, Sinduharjo dan IPAL Komunal Tirto Asri di Dusun Sembung Jalan Besi Jangkang Km 1, Sukoharjo, Ngaglik, Sleman. Survei lokasi IPAL telah dilakukan pada bulan Desember 2019 dan pengambilan sampel dilakukan pada 11, 16, 23, 24, 28, 30 September, 1, 8, 14, 21, 22 Oktober dan 4, 5 November 2020. Pengambilan dan pengujian sampel dilakukan saat pandemi Covid-19 berlangsung, dimana penggunaan air bersih meningkat dan saat pengambilan sampel telah mengikuti protokol kesehatan yang berlaku. Analisis sampel dan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia (TL, FTSP, UII).



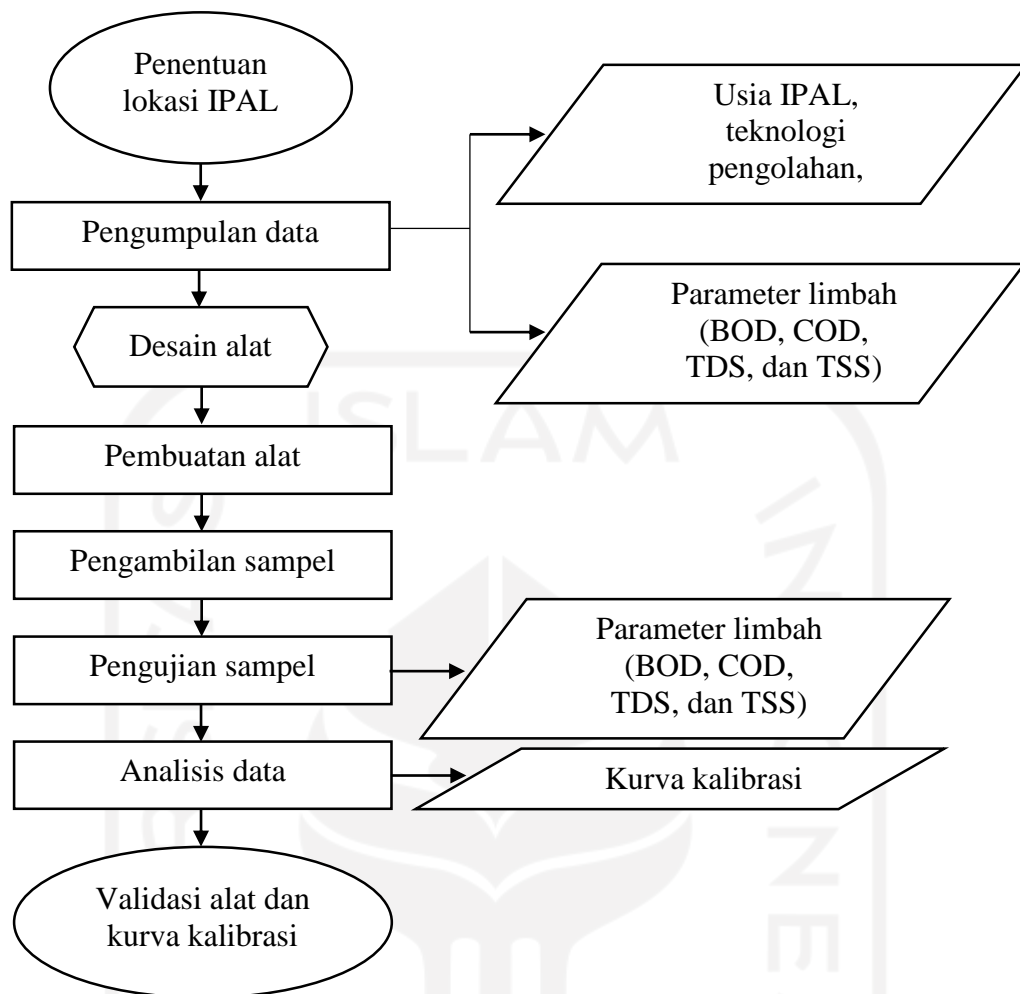
Gambar 3 Lokasi IPAL komunal Palgading dan Tirta Asri

Tabel 3 Penjelasan lokasi IPAL

Keterangan	IPAL Palgading	IPAL Tirta Asri
Kelurahan	Sinduharjo	Sukoharjo
Kecamatan	Ngaglik	Ngaglik
Titik koordinat	7°43'31.70" S 110°24'44.90" E	7°42'14.35" S 110°25'09.27" E
Elevasi	218 m	276 m

3.3 Kerangka Penelitian

Penelitian yang dilakukan berdasarkan tahapan-tahapan yang tersusun dalam kerangka penelitian. Memberikan gambaran keseluruhan penelitian yang dilakukan. Terdapat informasi yang dimasukkan, tahapan-tahapan, dan hasil yang didapatkan selama penelitian dilakukan. Kerangka penelitian dapat dilihat pada.



Gambar 4 Diagram alir kerangka penelitian

3.3.1 Penentuan Lokasi IPAL

Penentuan lokasi dilakukan untuk mengetahui lokasi IPAL komunal yang akan dilakukan pengambilan sampel. Dari seluruh IPAL komunal terdapat di Yogyakarta, hanya 41 IPAL komunal yang dilakukan pemantauan secara berkala. Maka pada penelitian ini memilih IPAL komunal yang tidak termasuk dalam pemantauan tersebut. Metode *purposive* digunakan sebagai metode penentuan lokasi IPAL komunal. Metode *purposive* adalah penentuan lokasi pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tertentu sehingga dapat memberikan kemudahan penelitian seperti, lokasi pengambilan sampel, efisiensi waktu, dan biaya. Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta terpilih menjadi lokasi pengambilan sampel. Pemilihan lokasi tersebut, yaitu Kecamatan Ngaglik merupakan daerah yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi, jumlah sambungan rumah lebih dari jumlah minimum 50 sambungan rumah, dan jumlah IPAL komunal yang banyak. Akan dipilih dua IPAL komunal dimana mempunyai gap yang cukup jauh. Dapat dilihat dari kualitas hasil efluennya, visual IPAL komunal, dan perawatannya. Hal ini bertujuan untuk membandingkan kedua IPAL komunal dan mendapatkan data yang lebih bervariasi.

3.3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data terdiri dari 2 metode, yaitu:

a. Data primer

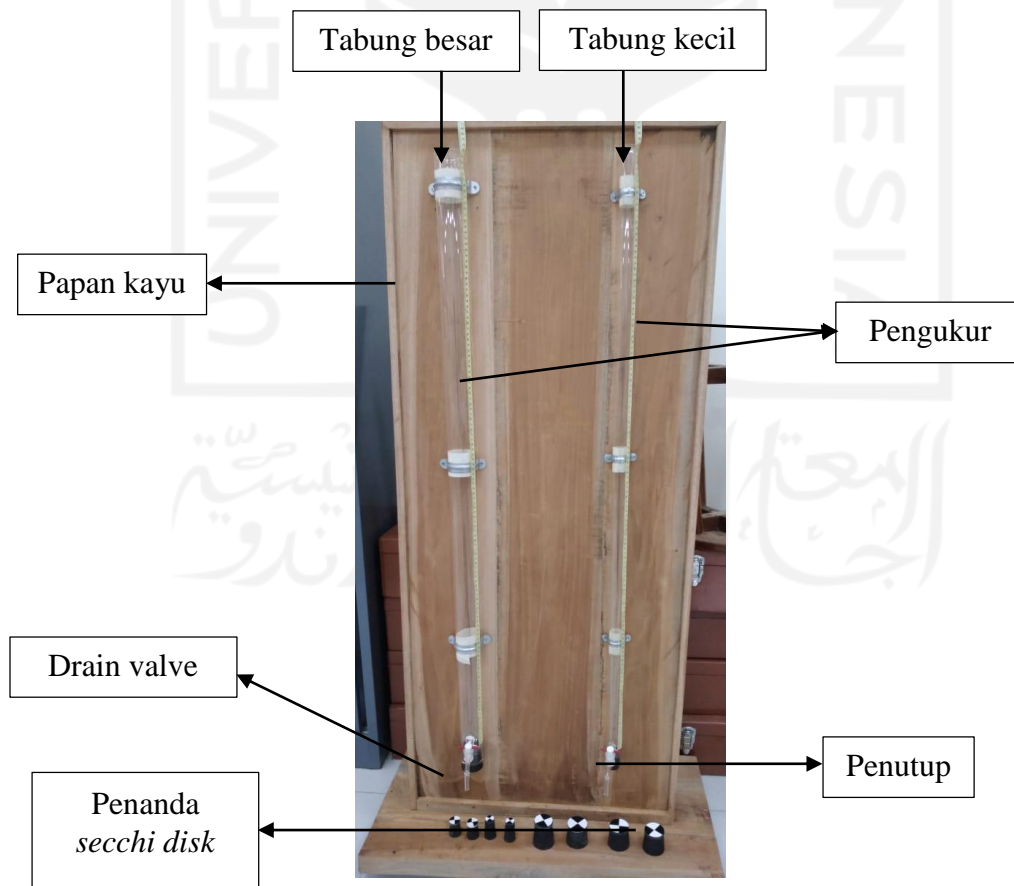
Data primer terdiri dari profil IPAL komunal yang meliputi tahun mulai beroperasi, teknologi pengolahan, cakupan layanan dengan menggunakan metode wawancara dan observasi. Selain itu berupa data debit IPAL, beban limbah, dan pengujian parameter berupa TSS, TDS, COD, dan BOD.

b. Data sekunder

Data sekunder didapat dari media massa seperti surat kabar, instansi pemerintah seperti dari Badan Lingkungan Hidup Provinsi Yogyakarta, dan penelitian terdahulu. Terdiri dari data IPAL komunal di DIY yang telah dilakukan pemantauan secara berkala, permasalahan-permasalahan yang terjadi di IPAL komunal, dan hasil-hasil evaluasi dari penelitian terdahulu.

3.3.2 Alat *Clarity Meter*

Dalam pembuatan alat *clarity meter* menggunakan bahan akrilik dan mika. Disangga menggunakan papan kayu agar lebih stabil. Alat ini mempunyai ketinggian hingga 136 cm dan terdapat 2 jenis diameter, yaitu 4 cm dan 2 cm. Hal ini bertujuan untuk membandingkan keefektifan kedua diameter tersebut. Di sebelah tabung ditempelkan alat pengukur ketinggian air. Sedangkan di bawah tabung terdapat sebuah penutup berwarna hitam dan putih. Terdapat juga *drain valve* di bawah pipa sehingga memudahkan untuk menyesuaikan ketinggian air.



Gambar 5 Alat *clarity meter*

Penggunaan alat *clarity meter* sangatlah mudah. Setidaknya membutuhkan 2 orang untuk melakukan pengujian. Orang pertama akan memasukan air ke dalam tabung dan orang kedua akan melihat ketinggian air sekaligus menahan penutup agar tidak lepas. Setelah dilakukan pemasangan tutup dan memastikan *drain valve* telah tertutup rapat, hal yang harus dilakukan pertama kali adalah menghomogenkan sampel air limbah. Selanjutnya orang pertama akan mulai memasukkan air ke dalam tabung secara perlahan dan memastikan jika *secchi disk* sudah tidak terlihat, maka penambahan air sudah harus dihentikan. Orang kedua akan langsung melakukan pembacaan ketinggian air. Jika air dalam tabung terlalu banyak, dapat dilakukan pembuangan air secara perlahan menggunakan *drain valve*. Setiap akan pergantian air sampel, tabung harus dibilas menggunakan air bersih terlebih dahulu untuk membersihkan kotoran yang tertinggal di dalam tabung karena sampel sebelumnya.

3.3.3 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air limbah pada IPAL dilakukan dengan mengambil contoh pada lokasi *inlet* dan *outlet*. Sampel diambil dengan menggunakan metode contoh sesaat. Pengambilan air sampel dilakukan setiap hari Rabu dan Kamis dengan waktu pengambilan pada pukul 8 pagi yang merupakan jam puncak pemakaian air, dengan menggunakan metode contoh sesaat pada bagian *inlet* dan *outlet* mengacu pada SNI 6989.59:2008.

3.3.4 Pengujian Sampel

Setelah dilakukan pengambilan sampel pada IPAL komunal, tahap selanjutnya adalah pengujian parameter air limbah berupa TSS, TDS, COD, dan BOD. Selain dilakukan pengujian parameter, dilakukan pula pembacaan alat *clarity meter*. Pengujian sampel dan pembacaan alat *clarity meter* dilakukan duplo, dimana untuk pembacaan membutuhkan minimal 3 orang pembaca agar mendapatkan hasil yang lebih relevan dan meningkatkan ketepatan percobaan. Hal ini merupakan pendekatan statistik.

Tabel 4 Metode pengujian parameter

No.	Parameter	Pengujian	Metode
1.	TSS	SNI 06-6989.3-2004	Gravimetri
2.	TDS		Portable dengan TDS meter
3.	COD	SNI 6989.2:2009	Refluks tertutup secara spektrofotometri
4.	BOD	SNI 6989.72:2009	Titration secara iodometri

3.3.5 Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengetahui tingginya korelasi antar parameter TSS, TDS, COD, BOD, dan ketinggian dengan menggunakan metode regresi linier berganda. Dari sinilah dapat diketahui parameter mana saja yang relevan dan dapat digunakan. Sebelum dapat menggunakan regresi linier berganda perlu dilakukan pengujian asumsi-asumsi klasik. Uji asumsi klasik merupakan persyaratan yang harus dipenuhi pada analisis regresi linier berganda. Uji asumsi yang digunakan adalah uji normalitas, multikolinieritas, dan heteroskedesitas. Terpenuhinya asumsi klasik agar diperoleh model regresi dengan estimasi yang tidak bias dan pengujian

dapat dipercaya. Salah satu tujuan pengujian asumsi klasik untuk mengetahui ada tidaknya multikolinieritas (Purnomo, 2017).

a. Uji normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi variabel pengganggu atau residual memiliki distribusi normal. Seperti diketahui bahwa uji t dan F mengasumsikan bahwa nilai residual mengikuti distribusi normal. Jika asumsi ini dilanggar maka uji statistik menjadi tidak valid untuk jumlah sampel kecil (Ghozali, 2013).

b. Uji multikolinieritas

Uji multikolinieritas adalah uji untuk melihat korelasi antar variabel bebas. Jika ditemukan variabel bebas yang mempunyai korelasi yang sangat kuat, maka secara logika persamaan regresinya cukup diwakili oleh salah satu variabel saja. Dapat dikatakan mempunyai korelasi sangat kuat ketika nilai $r > 0,90$. Cara lain untuk mengetahui ada tidaknya multikolinieritas adalah dengan melihat nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) dan *Collinearity Tolerance*. Jika nilai $VIF \leq 10$ dan *Collinearity Tolerance* $< 0,1$, maka dapat dinyatakan tidak terjadi multikolinieritas (Yudiatmaja, 2013).

c. Uji heteroskedestitas

Uji heteroskedastisitas bertujuan menguji apakah model regresi terjadi ketidaksamaan *variance* dari residual satu pengamatan ke pengamatan yang lain. Jika *variance* dari residual satu pengamatan ke pengamatan yang lain tetap, maka disebut Homoskedastisitas dan jika berbeda disebut Heteroskedastisitas. Model regresi yang baik adalah yang Homoskedastisitas atau tidak terjadi Heteroskedastisitas. Kebanyakan data *crosssection* mengandung situasi heteroskedastisitas karena data ini menghimpun data yang mewakili berbagai ukuran (Ghozali, 2013).

Setelah poin di atas telah terpenuhi maka dapat dilanjutkan ke regresi linier berganda. Regresi linier berganda merupakan model persamaan yang menjelaskan hubungan satu variabel tak bebas (Y) dengan dua atau lebih variabel bebas ($X_1, X_2 \dots X_n$). Tujuannya adalah untuk memprediksi nilai variabel tak bebas (Y) apabila nilai-nilai variabel bebasnya ($X_1, X_2 \dots X_n$) diketahui. Di samping itu juga untuk mengetahui arah hubungan variabel tak bebas dengan variabel-variabel bebasnya. Persamaan regresi linier berganda secara matematik adalah sebagai berikut:

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$$

Kondisi-kondisi bila koefisien-koefisien regresi, yaitu b_1 dan b_2 mempunyai nilai:

- Nilai = 0, dalam hal ini variabel Y tidak dipengaruhi oleh X_1 dan X_2
- Nilainya negatif, terjadi hubungan dengan arah terbalik antara variabel tak bebas Y dengan variabel-variabel X_1 dan X_2
- Nilainya positif, terjadi hubungan searah antara variabel tak bebas Y dengan variabel bebas X_1 dan X_2

Koefisien-koefisien regresi b_1 dan b_2 serta konstanta a dapat dihitung dengan rumus:

$$a = \frac{\sum Y - (b_1 \sum X_1) - (b_2 \sum X_2)}{n}$$

$$b_1 = \frac{[(\sum X_2^2 \times \sum X_1 Y) - (\sum X_2 Y \times \sum X_1 X_2)]}{[(\sum X_1^2 \times \sum X_2^2) - (\sum X_1 \times X_2)^2]}$$

$$b_2 = \frac{[(\sum X_1^2 \times \sum X_2 Y) - (\sum X_1 Y \times \sum X_1 X_2)]}{[(\sum X_1^2 \times \sum X_2^2) - (\sum X_1 \times X_2)^2]}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan koefisien korelasi ganda (r), hal ini berfungsi mengetahui seberapa besar korelasi yang terjadi antar variabel-variabel X_1, X_2, \dots, X_n secara serentak dengan variabel Y . Besarnya nilai koefisien korelasi ganda dapat dihitung dengan rumus:

$$r = \sqrt{r^2} = \sqrt{\frac{(b_1 \sum x_1 y) + (b_2 \sum x_2 y)}{\sum y^2}}$$

Metode korelasi mempunyai standar sebagai berikut:

- $< 0,20$: dapat dianggap tidak ada hubungan
- $0,20 - 0,40$: hubungan rendah
- $0,41 - 0,70$: hubungan cukup
- $0,71 - 0,90$: hubungan kuat
- $0,91 - 1,00$: hubungan sangat kuat

Nilai r : $-1 \leq r \leq +1$. Semakin mendekati nilai $+1$ atau -1 , maka semakin kuat korelasi yang terjadi dan jika r mendekati 0 , maka semakin lemah korelasi yang terjadi (Yuliara, 2016). Dari nilai data yang didapatkan, maka diketahui korelasi dari setiap parameter. Dapat diambil kesimpulan parameter mana saja yang relevan dan dapat digunakan.

3.3.6 Validasi Alat dan Kurva Kalibrasi

Tahap selanjutnya setelah analisis data dan mendapatkan hasil, maka akan dilakukan validasi alat dan kurva kalibrasi. Bertempat di IPAL Komunal Palgading dan Tirto Asri. Hal ini bertujuan untuk menguji apakah data dan alat *clarity meter* yang dihasilkan telah sesuai dengan realitanya di lapangan.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran IPAL Komunal

4.1.1 IPAL Komunal Palgading

IPAL Komunal Palgading berlokasi di RT 4 RW 18, Sinduharjo, Ngaglik, Sleman. Dimiliki oleh KPP Gading Sehat yang dibangun pada tahun 2012 dengan mendapatkan bantuan pendanaan dari pemerintah pusat dan SANIMAS. IPAL Palgading mempunyai kapasitas layanan hingga 100 KK dan sampai saat ini telah melayani hingga 60 KK. Menggunakan teknologi pengolahan ABR yang mempunyai 12 bilik pengolahan. Selama berdirinya IPAL telah dilakukan 4 kali pengurasan lumpur dengan waktu kondisional, dilihat dari banyaknya endapan di biliknya. Permasalahan yang terjadi adalah hasil efluen IPAL mengeluarkan bau yang tidak enak dan terdapat kumpulan busa.



Gambar 6 (a) IPAL Palgading (b) Pipa menuju pembuangan

Lokasi dibangunnya IPAL komunal Plagading berada di sebuah lahan dengan elevasi paling rendah dari pemukiman warga. Seperti lahan kosong yang banyak ditumbuhi tanaman bambu dan juga merupakan tempat pembuangan sampah dari rumah warga. Tidak jarang banyak ditemukan nyamuk. Hasil pengolahan IPAL langsung di buang ke sungai yang berada di bawah IPAL komunal.

4.1.2 IPAL Komunal Tirto Asri

IPAL Komunal Tirto Asri berdiri sejak tahun 2016 di Dusun Sembung, Jalan Besi Jangkang Km 1, Sukoharjo, Ngaglik, Sleman. IPAL ini dibangun oleh KSM Tirto Asri dan SANIMAS. IPAL Tirto Asri mempunyai kapasitas layanan hingga 120 KK dan sampai saat ini telah melayani hingga 100 KK. Teknologi pengolahan yang digunakan adalah ABR+AF, tersusun dari botol-botol bekas yang dirangkai menjadi satu dan terdiri dari 6 bilik. Teknologi ABR merupakan perbaikan dari

teknologi *septic tank* karena adanya beberapa sekat dinding dimana air limbah akan mengalir melewati secara naik turun. Untuk teknologi AF merupakan sebuah tangki septik dengan bahan pembuatan dari beton diisi kompartemen yang dipasang filter (Ulum, Suherman, & Syafrudin, 2015). Terdapat juga kolam uji stabilisasi dan horizontal grave filter yang ditanami tumbuhan sebagai indikator pencemaran. IPAL Tirto Asri juga melakukan pengurasan lumpur secara berkala setiap 2 tahun sekali. Selain sebagai infrastruktur, keunikan lain dari IPAL Tirto Asri adalah sebagai tempat edukasi berupa IPAL komunal, pertanian, budidaya ikan, dan pemandian kolam renang untuk anak.



Gambar 7 (a) IPAL Tirto Asri (b) Penutup IPAL

Lokasi dibangunnya IPAL berada di sebuah lahan yang dikelilingi kolam ikan, sungai, dan persawahan. Berada di elevasi lebih rendah dari jalan pemukiman warga. Kondisi IPAL sangat baik yang telah didesain sedemikian rupa dan ramah untuk anak-anak bermain karena memang sering dilakukan kunjungan sebagai tempat edukasi.

Tabel 5 Ringkasan kondisi tiap IPAL

No.	Kriteria	IPAL Palgading	IPAL Tirto Asri
1.	Lokasi	RT 4 RW 18, Sinduharjo, Ngaglik Sleman	Dusun Sembung Jalan Besi Jangkang Km 1, Sukoharjo, Ngaglik, Sleman
2.	Pendiri	KPP Gading Sehat	KSM Tirto Asri
3.	Tahun berdiri	2012	2016
4.	Kapasitas maksimum	100	120
5.	Kapasitas saat ini	60	100
6.	Teknologi	<i>ABR</i>	<i>ABR + Anaerobic filter</i>
7.	Fasilitas	-	Pemancingan dan kolam renang anak
8.	Pengurasan	4 kali selama berdirinya IPAL	2 tahun sekali
9.	Permasalahan	Efluen berbau dan berbusa	-

Sumber: Hasil pengambilan data

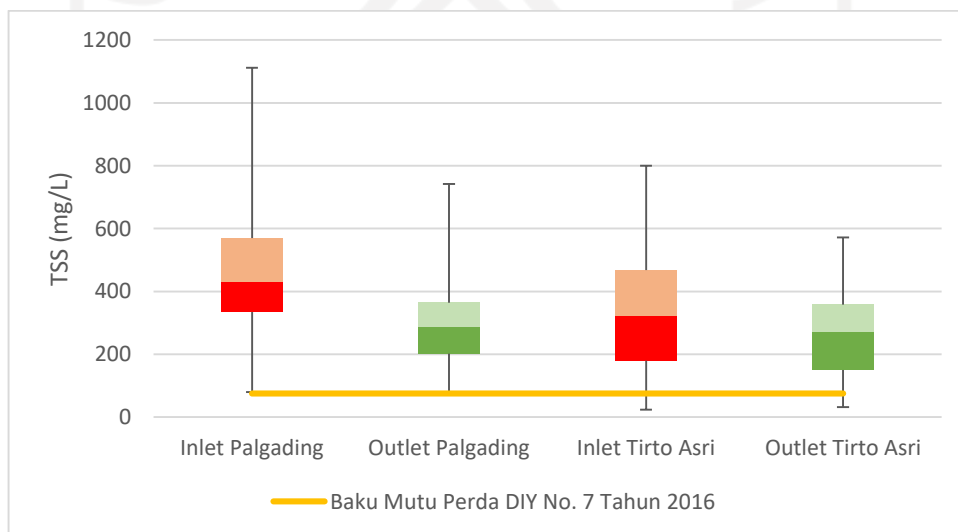
4.2 Kualitas Air Limbah Domestik

Kualitas air dapat diketahui dari beberapa parameter pada air limbah, baik yang belum mengalami pengolahan ataupun hasil dari pengolahan. Dalam penelitian ini, kualitas air limbah yang diuji, yaitu *Total Suspended Solid* (TSS), *Total Dissolved Solid* (TDS), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD). Pengambilan sampel dilakukan pada bulan September yang masuk musim kemarau pada pukul 8 pagi. Hasil yang didapatkan akan lebih tinggi jika diambil pada musim hujan, hal ini terjadi karena ketika musim hujan limpasan air hujan semakin tinggi dan dapat bercampur dengan sampel sehingga mempengaruhi konsentrasi parameter. Jam 8 pagi juga merupakan jam puncak pemakaian air bersih sehingga air limbah yang dihasilkan dan konsentrasinya akan lebih tinggi jika dibandingkan pada jam lainnya. Pada penelitian ini, kualitas air limbah domestik dibandingkan dengan Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 dan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2010. Tingkat keefektifan kinerja IPAL dapat dilihat pada hasil efluennya, apakah telah memenuhi baku mutu atau tidak.

4.3.1 *Total Suspended Solid* (TSS)

TSS merupakan jumlah berat zat tersuspensi dalam volume tertentu di dalam air yang dinyatakan dengan mg/L. Kadar TSS berbanding lurus dengan proses degradasi, yaitu semakin kecil penurunan nilai TSS pada pengolahan limbah, menunjukkan proses degradasi bahan organik juga semakin kecil (Paramita, 2012). Padatan tersuspensi berupa partikel-partikel yang ukuran dan beratnya lebih kecil dari pada sedimen, seperti bahan-bahan organik tertentu, tanah liat, dan sel-sel mikroorganisme. Partikel-partikel tersebut dapat menurunkan intensitas cahaya yang tersuspensi dalam air (Fardiaz, 1992).

Pengujian kadar TSS menggunakan metode gravimetri dengan cara ditimbang. Gravimetri dapat digunakan untuk menentukan residu tersuspensi dalam sampel air limbah. Untuk mengetahui kualitas air limbah dari parameter TSS, maka nilai TSS dari hasil pengujian dibandingkan dengan standar baku mutu yang terdapat pada Perda DIY No. 7 Tahun 2016 dengan kadar maksimum sebesar 75 mg/L.



Gambar 8 Diagram boxplot TSS IPAL komunal

Tabel 6 Mean dan standar deviasi TSS

Keterangan	<i>Inlet</i> Palgading	<i>Outlet</i> Palgading	<i>Inlet</i> Tirto Asri	<i>Outlet</i> Tirto Asri
Mean	470,6	332	358,6	275
Standar Deviasi	284,49	203,7	249,85	168,02

Pada Gambar 8 menunjukkan hasil pengujian kadar TSS IPAL komunal Palgading dan Tirto Asri pada bagian *inlet* dan *outlet*. Nilai TSS hasil pengujian *inlet* IPAL Palgading berada pada kisaran 80 – 1.112 mg/L dan pada bagian *outlet* berkisar 80 – 742 mg/L. Sedangkan *inlet* IPAL Tirto Asri, nilai TSS berkisar 24 – 800 mg/L dan pada bagian *outlet* berkisar 32 – 572 mg/L. IPAL Palgading dan Tirto Asri mempunyai nilai efisiensi penurunan kadar TSS rata-rata hingga 43%. Kadar TSS yang telah didapat dibandingkan dengan standar baku mutu Perda DIY No. 7 Tahun 2016. Dapat diketahui bahwa semua titik pengambilan sampel tidak ada yang memenuhi baku mutu.

Penelitian terdahulu IPAL komunal di Yogyakarta yang dilakukan oleh (Wijayaningrat, 2018), (Ranudi, 2018), dan (Khotimah, 2018) dengan menggunakan teknologi yang sama, yaitu ABR parameter uji TSS mendapatkan hasil yang sama dimana sebagian besar kadar TSS pada bagian *outlet* masih jauh melebihi baku mutu. Sedangkan untuk efisiensi *removal* berada pada nilai 30% hingga 60%. Hal itu tidak sejalan dimana teknologi ABR mampu menurunkan kadar TSS antara 40% hingga 70%. Meskipun begitu, dapat ditemukan IPAL komunal yang memenuhi baku mutu dan memiliki efisiensi *removal* diatas 60%. Dari penelitian tersebut menunjukkan hasil yang sejalan, dimana pada bagian *outlet* IPAL Palgading dan Tirto Asri masih melebihi baku mutu. Selain itu, kedua IPAL juga mempunyai efisiensi *removal* yang rendah. Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa semua nilai standar deviasi lebih kecil dari pada nilai mean, sehingga data yang dihasilkan dikatakan baik.

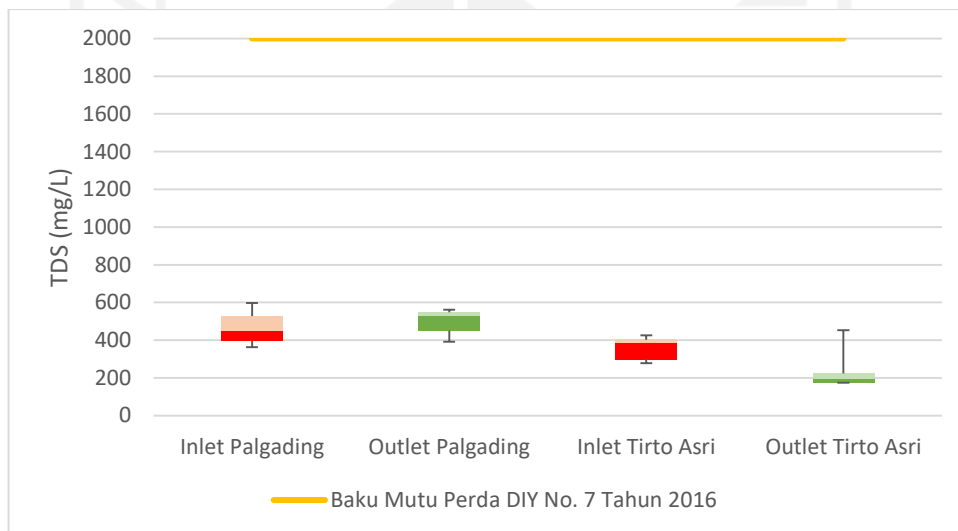
Kadar TSS yang masih melebihi baku mutu dapat dipengaruhi dari tingginya kadar TSS pada bagian *inlet*. Namun, jika dilihat dari nilai efisiensi *removal* yang sangat rendah dapat disebabkan kurangnya perawatan berupa pengurasan lumpur yang merupakan bentuk pemeliharaan terhadap kinerja IPAL, perbandingan antara *black water* dan *grey water* yang masuk ke dalam IPAL sehingga mempengaruhi kadar TSS, dan sampah yang masuk sehingga dapat menyebabkan penyumbatan. Saat observasi di lapangan, pada IPAL Palgading tidak ditemukan *barscreen* sehingga sampah dapat langsung masuk ke unit-unit pengolahan.

Penurunan kadar TSS dipengaruhi oleh berapa lama waktu kontak air limbah dengan mikroorganisme yang terdapat di dalam kompartemen IPAL komunal. Efisiensi penurunan kadar TSS akan semakin tinggi jika kontak semakin lama. Selama kontak berlangsung akan terjadi biokonveksi secara enzimatik dan aktivitas asidogenesis oleh mikroorganisme (Susanthi, Purwanto, & Suprihatin, 2018). Tingginya kadar TSS yang keluar dari *outlet* IPAL komunal dan mengalir ke drainase ataupun sungai dapat mempengaruhi penetrasi cahaya sehingga mengganggu proses fotosintesis (Iryanti, Noviana, & Prinajati, 2019).

4.3.2 Total Dissolved Solid (TDS)

TDS merupakan padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil dari padatan tersuspensi. Tidak bersifat toksik, akan tetapi jika kadar berlebih dapat meningkatkan nilai kekeruhan (Kustianingsih & Irawanto, 2020). Padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan. Kekeruhan pada perairan tergenang layaknya danau lebih banyak disebabkan oleh bahan-bahan koloid dan pertikel-partikel halus. Sedangkan kekeruhan pada sungai yang sedang banjir dapat disebabkan oleh bahan-bahan tersuspensi yang berukuran lebih besar berupa lapisan permukaan tanah yang terbawa oleh air hujan (Effendi, 2003).

Pengujian kadar TDS menggunakan alat TDS meter. Pengukuran ini menggunakan metode *electrical conductivity*, dimana terdapat 2 probe dihubungkan ke larutan yang akan diukur dan keluarlah output yang menunjukkan besar konduktifitas larutan tersebut (Afandi & Amdani, 2018). Untuk melihat kualitas air limbah parameter TDS, hasil pengujian dibandingkan dengan standar baku mutu Perda DIY No. 7 Tahun 2016 dengan kadar maksimum TDS sebesar 2000 mg/L.



Gambar 9 Diagram boxplot TDS IPAL komunal

Tabel 7 Mean dan standar deviasi TDS

Keterangan	<i>Inlet</i> Palgading	<i>Outlet</i> Palgading	<i>Inlet</i> Tirto Asri	<i>Outlet</i> Tirto Asri
Mean	463,92	498,92	359,75	222,17
Standar Deviasi	81,29	61,42	57,1	79,66

Pada Gambar 9 menunjukkan hasil pengujian kadar TDS IPAL komunal Palgading dan Tirto Asri pada bagian *inlet* dan *outlet*. Nilai TDS hasil pengujian pada *inlet* IPAL Palgading berkisar 362,5 – 598 mg/L dan pada bagian *outlet* berkisar 392 – 562 mg/L. Untuk nilai TDS bagian *inlet* IPAL Tirto Asri berkisar 277,5 – 425,5 mg/L dan pada bagian *outlet* berkisar 174 – 453,5 mg/L.

Sebagian besar kadar TDS pada bagian *outlet* IPAL Palgading lebih besar dari pada *inlet*. Sedangkan untuk IPAL Tirto Asri mempunyai nilai efisiensi

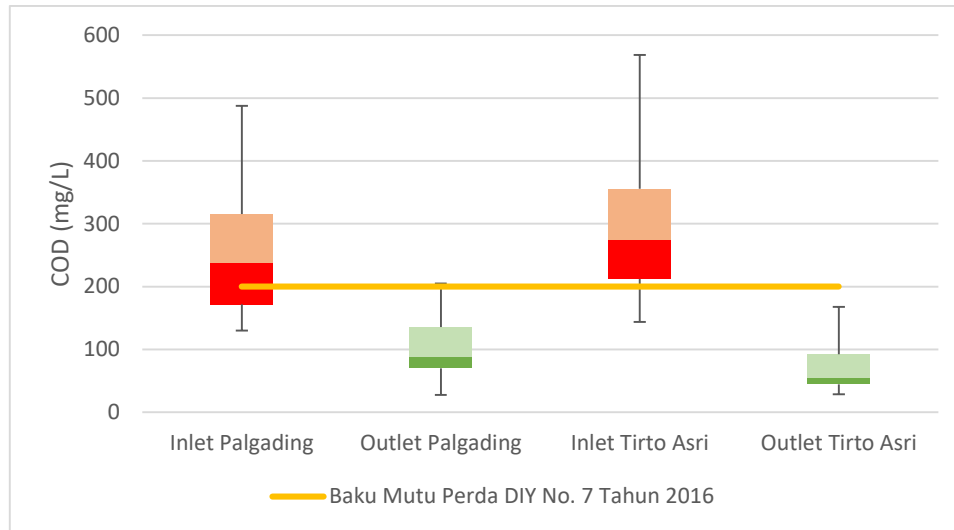
penurunan hingga 57%. Dapat dikatakan dalam mengolah kadar TDS belum maksimal pada kedua IPAL. Pada Tabel 7 dapat dilihat bahwa semua nilai standar deviasi lebih kecil dari pada nilai mean, sehingga data yang dihasilkan dikatakan baik. Kadar TDS yang telah didapat dibandingkan dengan standar baku mutu Perda DIY No. 7 Tahun 2016. Bagian *outlet* maupun *inlet* kedua IPAL telah memenuhi baku mutu.

Outlet IPAL Palgading mempunyai nilai yang lebih besar dari pada *inlet*. Dapat ditemui kumpulan busa pada bagian *outlet* yang dapat mempengaruhi kadar TDS. Tingginya nilai TDS dapat disebabkan oleh sisa bahan-bahan anorganik dan molekul dari sisa air buangan, seperti deterjen, surfaktan yang larut dalam air dan molekul sabun (Kustiyaningsih & Irawanto, 2020). Tingginya kadar TDS yang masuk ke perairan dapat menyebabkan permasalahan perairan yang beragam karena sifat kimia alamiah bahan tersuspensi. Contohnya dapat mempengaruhi ikan dan zooplankton dimana dapat terjadi penyumbatan insang dikarenakan partikel-partikel yang menyebabkan afiksasi (Mardhia & Abdullah, 2018).

4.3.3 Chemical Oxygen Demand (COD)

COD menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan untuk dekomposisi secara kimiawi. Kandungan COD yang tinggi dapat mempengaruhi kandungan oksigen terlarut dalam air menjadi rendah bahkan habis (South & Nazir, 2016). Jika dibandingkan dengan kadar BOD, kadar COD umumnya lebih besar karena senyawa yang dioksidasi secara kimiawi lebih banyak daripada biologis. COD merupakan parameter utama dalam air limbah, kandungan COD akan mempengaruhi jumlah pencemaran zat organik yang dapat dioksidasi secara alamiah melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan kurangnya jumlah oksigen terlarut dalam suatu perairan (Wijayaningrat, 2018).

Pengujian kadar COD menggunakan metode refluks tertutup secara spektrofotometri. Spektrofotometri merupakan metode pengukuran secara kuantitatif yang didasarkan pada pengukuran penyerapan radiasi gelombang elektromagnetik. Menggunakan alat spektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm. Bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan oksidator kuat biasanya $K_2Cr_2O_7$ pada suasana asam dan panas menggunakan katalisator perak sulfat (Sutisna, 2018). Untuk mengetahui kualitas air limbah dari parameter COD, hasil pengujian dibandingkan dengan standar baku mutu Perda DIY No. 7 Tahun 2016 dimana kadar maksimum COD sebesar 200 mg/L.



Gambar 10 Diagram boxplot COD IPAL komunal

Tabel 8 Mean dan standar deviasi COD

Keterangan	<i>Inlet</i> Palgading	<i>Outlet</i> Palgading	<i>Inlet</i> Tirto Asri	<i>Outlet</i> Tirto Asri
Mean	262,39	105	302,28	69,89
Standar Deviasi	122,8	57,41	123,71	40,3

Pada Gambar 10 menunjukkan hasil pengujian kadar COD IPAL komunal Palgading dan Tirto Asri pada bagian *inlet* dan *outlet*. Nilai COD hasil pengujian pada *inlet* IPAL Palgading berkisar 130 – 487,5 mg/L dan pada bagian *outlet* berkisar 27,5 – 205 mg/L. Sedangkan untuk nilai COD bagian *inlet* IPAL Tirto Asri berkisar 143,75 – 568,75 mg/L dan pada bagian *outlet* berkisar 28,75 – 167,5 mg/L. IPAL Palgading mempunyai efisiensi penurunan kadar COD rata-rata hingga 58% dan IPAL Tirto Asri mempunyai nilai efisiensi penurunan rata-rata hingga 75%. Kadar COD yang telah didapat dibandingkan dengan standar baku mutu Perda DIY No. 7 Tahun 2016. Bagian *inlet* untuk kedua IPAL terdapat nilai yang telah memenuhi baku mutu dan untuk bagian *outlet* kedua IPAL telah memenuhi baku mutu.

Penelitian terdahulu IPAL komunal di Yogyakarta yang dilakukan oleh (Wijayaningrat, 2018), (Ranudi, 2018), dan (Khotimah, 2018) dengan menggunakan teknologi yang sama, yaitu ABR parameter uji COD mendapatkan hasil, dimana sebagian besar kadar COD pada bagian *outlet* masih melebihi baku mutu. Selain itu juga mempunyai efisiensi *removal* yang rendah berkisar 30% hingga 50%. Hal itu tidak sejalan dimana teknologi ABR mampu menurunkan kadar COD antara 60% hingga 90%. Meskipun masih dapat ditemukan IPAL komunal yang memenuhi baku mutu dan memiliki efisiensi *removal* 65%. Dari penelitian tersebut menunjukkan hasil yang berbeda, hasil uji pada bagian *outlet* IPAL Palgading dan Tirto Asri telah memenuhi baku mutu. Tetapi jika dilihat dari efisiensi *removal*nya, IPAL Palgading memiliki hasil yang sama pada penelitian terdahulu dimana mempunyai efisiensi *removal* yang rendah. Sedangkan untuk IPAL Tirto Asri sudah baik. Pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa semua nilai standar

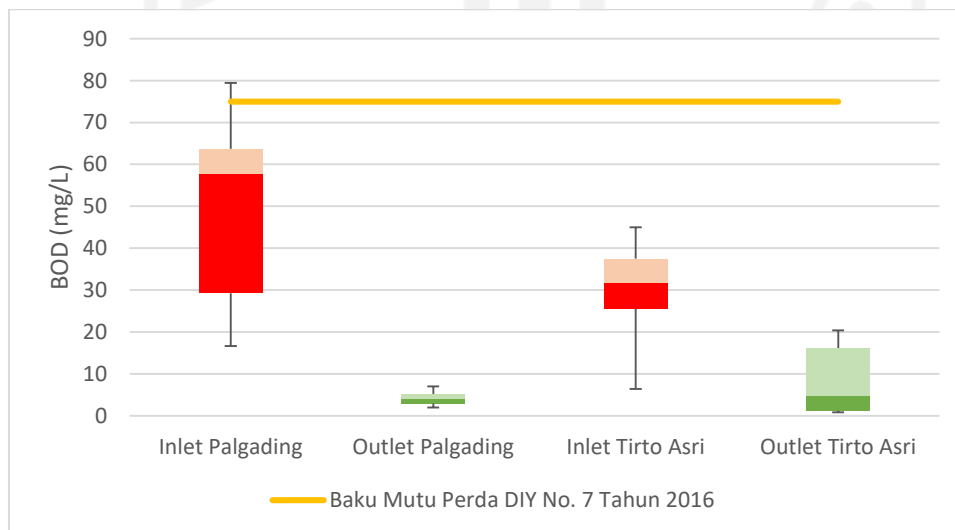
deviasi lebih kecil dari pada nilai mean, sehingga data yang dihasilkan dikatakan baik.

Pipa *outlet* IPAL Palgading berada di bawah permukaan air sungai, sehingga dapat menyebabkan masuknya air sungai ke dalam pipa *outlet*. Air sungai yang masuk akan bercampur dengan efluen dan dapat mempengaruhi tingginya kadar COD (Purwatiningrum, 2016). Penurunan kadar COD juga dipengaruhi oleh waktu tinggal. Semakin besar penyisihan maka semakin lama waktu tinggalnya. Mikroorganisme yang terdapat di dalam IPAL komunal mengalami siklus hidup dan dapat mengalami kejenuhan hingga kematian. Hal ini menyebabkan materi organik tidak terurai dengan optimal ditandai dengan tingginya atau meningkatnya kadar COD (Susanthi, Purwanto, & Suprihatin, 2018).

Tingginya kadar COD dalam suatu perairan dapat mengganggu keseimbangan ekosistem terutama kehidupan biota air. COD akan menyerap oksigen terlarut yang terdapat didalamnya sehingga dapat berdampak pada penurunan kadar oksigen terlarut yang semakin sedikit. Hasil COD yang masih tinggi menunjukkan tingginya kadar zat organik dalam suatu perairan, baik yang dapat diuraikan secara biokimia maupun tidak (Wijayaningrat, 2018).

4.3.4 Biochemical Oxygen Demand (BOD)

BOD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme aerobik untuk menguraikan bahan organik karbon selama 5 hari. Pengujian kadar BOD menggunakan metode titrasi iodometri. Sampel yang bersifat oksidator akan direduksi oleh kalium iodida berlebih dan akan menghasilkan iodium. Iodium selanjutnya dititrasi dengan larutan baku natrium tiosulfat, banyaknya natrium tiosulfat sebagai titran setara dengan iodium yang dihasilkan (Sutisna, 2018). Hasil pengujian dibandingkan dengan standar baku mutu Perda DIY No. 7 Tahun 2016 dimana kadar maksimum BOD sebesar 75 mg/L.



Gambar 11 Diagram boxplot BOD IPAL komunal

Tabel 9 Mean dan standar deviasi BOD

Keterangan	<i>Inlet</i> Palgading	<i>Outlet</i> Palgading	<i>Inlet</i> Tirto Asri	<i>Outlet</i> Tirto Asri
Mean	49,75	4,19	30,33	8,70
Standar Deviasi	20,98	1,68	10,53	8,23

Pada Gambar 11 menunjukkan hasil pengujian kadar BOD IPAL komunal Palgading dan Tirto Asri pada bagian *inlet* dan *outlet*. Nilai BOD hasil pengujian pada *inlet* IPAL Palgading berkisar 16,65 – 79,45 mg/L dan pada bagian *outlet* berkisar 1,97 – 7,02 mg/L. Sedangkan untuk nilai BOD bagian *inlet* IPAL Tirto Asri berkisar 6,37 – 45,01 mg/L dan pada bagian *outlet* berkisar 0,77 – 20,38 mg/L. IPAL Palgading mempunyai efisiensi penurunan kadar BOD rata-rata hingga 90% dan IPAL Tirto Asri mempunyai nilai efisiensi penurunan rata-rata hingga 74%. Kadar BOD yang telah didapat dibandingkan dengan standar baku mutu Perda DIY No. 7 Tahun 2016. Bagian *outlet* maupun *inlet* baik IPAL Palgading dan Tirto Asri telah memenuhi baku mutu.

Penelitian terdahulu IPAL komunal di Yogyakarta yang dilakukan oleh (Wijayaningrat, 2018), (Ranudi, 2018), dan (Khotimah, 2018) dengan menggunakan teknologi yang sama, yaitu ABR parameter uji BOD menunjukkan hasil yang beragam. Kadar efluen BOD efluen air limbah tergantung pada karakteristik air limbah yang masuk ke dalam IPAL. Sebagian besar kadar BOD pada bagian *outlet* menunjukkan nilai yang baik dan memenuhi baku mutu. Selain itu juga mempunyai efisiensi *removal* baik berkisar 80% hingga 95%. Dimana teknologi ABR dapat menurunkan kadar BOD anatar 70% hingga 95%. Dari penelitian tersebut sejalan dengan hasil penelitian kali ini dengan hasil *outlet* yang juga memenuhi baku mutu. Dan jika dilihat dari efisiensi *removal* IPAL Palgading dan Tirto Asri telah sesuai dengan kriteria. Pada Tabel 9 dapat dilihat bahwa semua nilai standar deviasi lebih kecil dari pada nilai mean, sehingga data yang dihasilkan dikatakan baik.

Penurunan kadar BOD dipengaruhi oleh besarnya debit air limbah, semakin kecil maka penurunan BOD semakin besar (Susanthi, Purwanto, & Suprihatin, 2018). Parameter BOD berkaitan dengan proses *self-purification* badan air, yaitu kemampuan alami air dalam membersihkan diri. Semakin besar kadar BOD maka semakin besar pula zat organik yang harus diuraikan, hal ini menunjukkan semakin tingginya pencemaran yang terjadi (Arifudin & Setiyono, 2019). Pengukuran BOD juga berfungsi untuk perkembangan mendesain pengolahan biologis bagi air limbah tersebut (Purwatiningrum, 2016).

Suatu perairan dengan nilai BOD tinggi menunjukkan jumlah pencemaran yang disebabkan oleh bahan organik. Dampak yang dapat ditimbulkan anatar lain tumbuhnya bakteri pathogen beserta hasil metabolisme yang dapat menimbulkan bau menyengat dan dapat mengganggu kesehatan manusia maupun hewan yang berada disekitar. Penyakit yang dapat timbul adalah gangguan saluran pencernaan seperti kolera, disentri, dan tipes (Ranudi, 2018).

4.4 Analisis Data

Dalam penggunaan alat *clarity meter*, semakin keruh sampel yang digunakan maka ketinggian air akan semakin rendah. Hal ini disebabkan dari nampaknya *secchi disk* yang berada di bawah. Semakin keruh sampel maka kadar TDS dan TSS akan semakin tinggi, tetapi mereka tidak berhubungan karena mengukur padatan yang berbeda. TSS yang dapat menurunkan intensitas cahaya yang masuk ke suatu perairan dapat berdampak berkurangnya kadar oksigen sehingga dapat meningkatkan kadar COD dan BOD. COD merupakan parameter utama dalam air limbah. Dimana kandungan BOD terhitung dalam COD, sehingga kadar COD pasti lebih tinggi dari BOD.

Pada penelitian ini *alat clarity meter* terdiri dari dua tabung yang mempunyai ukuran yang berbeda. Hal pertama yang dilakukan adalah apakah tabung dengan ukuran besar dan kecil mempunyai tingkat keefektifan yang sama atau tidak. Jika sama dan memenuhi beberapa aspek maka akan terbentuk empat regresi sedangkan jika tidak sama maka akan terbentuk delapan regresi yang berbeda.

4.4.1 Perbandingan Diameter Kecil dan Besar

Tahap kali ini akan membuktikan sebuah hipotesis untuk mengetahui apakah tabung dengan diameter besar dan kecil mempunyai tingkat signifikansi yang sama. Jika ternyata sama maka dalam penggunaannya dapat dipilih salah satu. Terbentuklah hipotesis:

H_0 = Diameter besar dan kecil berbeda seignifikansi

H_1 = Diameter besar dan kecil signifikansi sama

Dari Tabel 10 menunjukkan antara diameter besar dan diameter kecil meskipun dengan sampel air limbah yang sama mempunyai nilai signifikansi yang berbeda. Hal ini menandakan tingkat efisiensi kedua diameter memiliki nilai yang berbeda. Sehingga hipotesis H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Tabel 10 Signifikansi setiap sampel dan diameter tabung

Signifikansi	IPAL Palgading	<i>Inlet</i>	Diameter Besar	0,046
			Diameter Kecil	0,197
		<i>Outlet</i>	Diameter Besar	0,836
			Diameter Kecil	0,856
	IPAL Tirto Asri	<i>Inlet</i>	Diameter Besar	0,082
			Diameter Kecil	0,816
		<i>Outlet</i>	Diameter Besar	0,586
			Diameter Kecil	0,362

4.4.2 Analisis Masing-Masing Sampel

a. Inlet IPAL Palgading diameter besar

Tabel 11 Data *inlet* IPAL Palgading diameter besar

Ketinggian (cm)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
6	436	604	487,5	79,45
7	364	328	172,5	25,44
7,5	555	268	280	16,65
8,5	406,5	468	427,5	59,22
9	519,5	396	237,5	57,84
10,75	435,5	466	207,5	69,47
12,5	362,5	220	171,25	53,37
14,5	376	44	150	26,64

Tabel 12 Uji normalitas *inlet* IPAL Palgading diameter besar

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
	TSS	COD	BOD	TDS	Ketinggian
N	8	8	8	8	8
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Tabel 13 Uji korelasi antar parameter *inlet* IPAL Palgading diameter besar

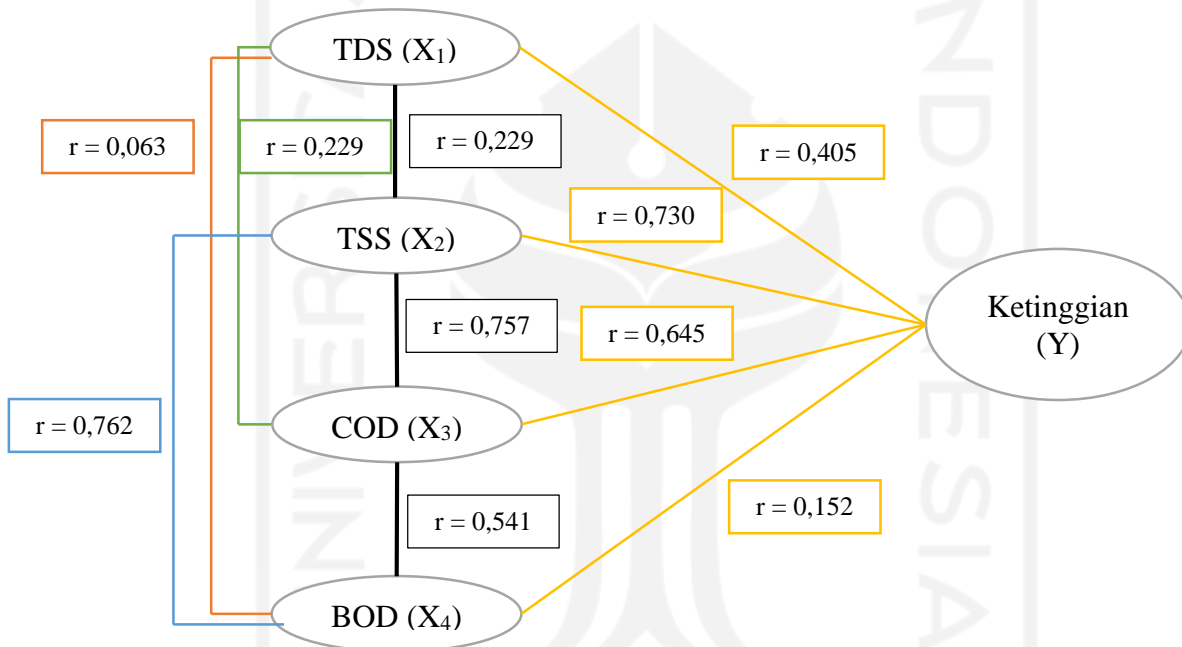
Parameter	Ketinggian	TDS	TSS	COD	BOD
Ketinggian	1	-0,405	-0,730	-0,645	-0,152
TDS	-0,405	1	0,229	0,241	-0,063
TSS	-0,730	0,229	1	0,757	0,762
COD	-0,645	0,241	0,757	1	0,541
BOD	-0,152	-0,063	0,762	0,541	1

Sebelum melakukan pengolahan data, perlu dilakukan pengujian apakah data yang diperoleh berdistribusi normal atau tidak. Pada Tabel 12 menunjukkan seluruh parameter telah berdistribusi normal ditunjukkan dengan hasil lebih dari 0,05. Ketika sudah terbukti berdistribusi normal, tahap selanjutnya adalah melihat korelasi antar parameter. Berdasarkan Tabel 13 di atas terlihat terjadi korelasi yang kuat antara parameter TSS dengan ketinggian sebesar -0,730 atau 73%. Sedangkan parameter yang lain dapat dikatakan tidak terjadi korelasi dengan ketinggian. Terlihat pula terjadi korelasi yang kuat antara TSS dengan COD sebesar 0,757 atau 75,7% dan dengan BOD sebesar 0,762 atau 76,2%. Meskipun begitu tidak terjadi multikolinearitas karena nilai korelasi kurang dari 0,9.

Tabel 14 *Coefficients inlet* IPAL Palgading diameter besar

Model	<i>Collinearity Statistics</i>	
	<i>Tolerance</i>	VIF
TDS	0,808	1,238
TSS	0,229	4,370
COD	0,421	2,376
BOD	0,360	2,779

Pada Tabel 14 *coefficients* juga menunjukkan tidak ada variabel independen yang memiliki nilai *Tolerance* kurang dari 0,1 yang berarti tidak ada korelasi antar variabel independen. Semua nilai VIF juga menunjukkan angka kurang dari 10. Atas dua poin tersebut, maka dapat disimpulkan tidak terjadi multikolinieritas dan memenuhi syarat untuk menjadi model regresi yang baik.



Gambar 12 Skema korelasi *inlet* IPAL Palgading diameter besar

Tabel 15 Uji korelasi berganda *inlet* IPAL Palgading diameter besar

r X₁X₂Y	0,77	r X₁X₂X₃Y	0,778
r X₁X₃Y	0,695	r X₁X₂X₄Y	0,959
r X₁X₄Y	0,443	r X₁X₃X₄Y	0,717
r X₂X₃Y	0,743	r X₂X₃X₄Y	0,963
r X₂X₄Y	0,959	r X₁X₂X₃X₄Y	0,963
r X₃X₄Y	0,687		

Pada Tabel 15 menunjukkan beberapa hasil korelasi kuat, yaitu X₂X₄Y (TSS, BOD, dan ketinggian), X₁X₂X₄Y (TDS, TSS, BOD, dan ketinggian), X₂X₃X₄Y (TSS, COD, BOD, dan ketinggian), dan X₁X₂X₃X₄Y (TDS, TSS, COD, BOD, dan

ketinggian). Terpilihlah X_2X_4Y yang paling memenuhi aspek-aspek tertentu seperti, signifikansi, T hitung, dan F hitung.

Tabel 16 Model *summary inlet* IPAL Palgading diameter besar

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Sig. F Change
1	0,959	0,920	0,888	0,97393	0,002

Sumber: analisis data menggunakan SPSS

Dari Tabel 16 didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,959 atau 95,9%. Hal ini mengidentifikasi nilai TDS, TSS, COD, dan BOD mempunyai hubungan yang kuat. Nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 ($p < 0,05$) yaitu 0,002 yang mengartikan variabel bebas berpengaruh secara signifikan.

Tabel 17 Anova *inlet* IPAL Palgading diameter besar

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	54,562	2	27,281	28,761	0,002
	Residual	4,743	5	0,949		
	Total	59,305	7			

Sumber: analisis data menggunakan SPSS

Nilai F_{hitung} didapatkan 28,761 dan untuk F_{tabel} dihasilkan dengan rumus $df_1 = k - 1$, $df_2 = n - k - 1$. Nilai n adalah jumlah sampel sedangkan nilai k adalah jumlah variabel bebas. Maka, didapatkan nilai df_1 3 dan df_2 3. Berdasarkan tabel distribusi F, nilai F_{tabel} sebesar 9,277. Dapat disimpulkan nilai $F_{tabel} < F_{hitung}$, artinya seluruh variabel independen berpengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen.

Tabel 18 *Coefficients inlet* IPAL Palgading diameter besar

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	12,068	0,883		13,669	0,000
	TSS	-0,024	0,003	-1,461	-7,488	0,001
	BOD	0,122	0,025	0,960	4,922	0,004

Sumber: analisis data menggunakan SPSS

Berdasarkan Tabel 18 didapatkan nilai T_{hitung} dari setiap variabel independen. Untuk mendapatkan nilai signifikansi perlu dilakukan perbandingan antara T_{hitung} dengan T_{tabel} . T_{hitung} didapatkan dari dari tabel, sedangkan T_{tabel} diperoleh dari pembacaan tabel dengan menggunakan rumus $df = n - k$ dan didapatkan hasil 4. Selanjutnya dilakukan pembacaan dengan tabel distribusi T dan didapatkan nilai T_{tabel} sebesar 2,132. Maka, dapat diambil kesimpulan $T_{hitung} > T_{tabel}$ untuk kedua parameter. Hal ini mengartikan, variabel TSS dan BOD mempunyai pengaruh yang

signifikan terhadap ketinggian. Didapatkan persamaan Tinggi = 12,068 - 0,024TSS + 0,122BOD.

b. *Inlet* IPAL Palgading diameter kecil

Tabel 19 Data *inlet* IPAL Palgading diameter kecil

Ketinggian (cm)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
8	555	268	280	16,65
8,25	519,5	396	237,5	57,84
9,5	406,5	468	427,5	59,22
11	436	604	487,5	79,45
11,5	462	520	271,25	59,80
11,75	435,5	466	207,5	69,47
12	364	328	172,5	25,44
15	362,5	220	171,25	53,37

Tabel 20 Uji normalitas *inlet* IPAL Palgading diameter kecil

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
	TDS	TSS	COD	BOD	Ketinggian
N	8	8	8	8	8
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,2	0,2	0,13	0,108	0,2

Tabel 21 Uji korelasi antar parameter *inlet* IPAL Palgading diameter kecil

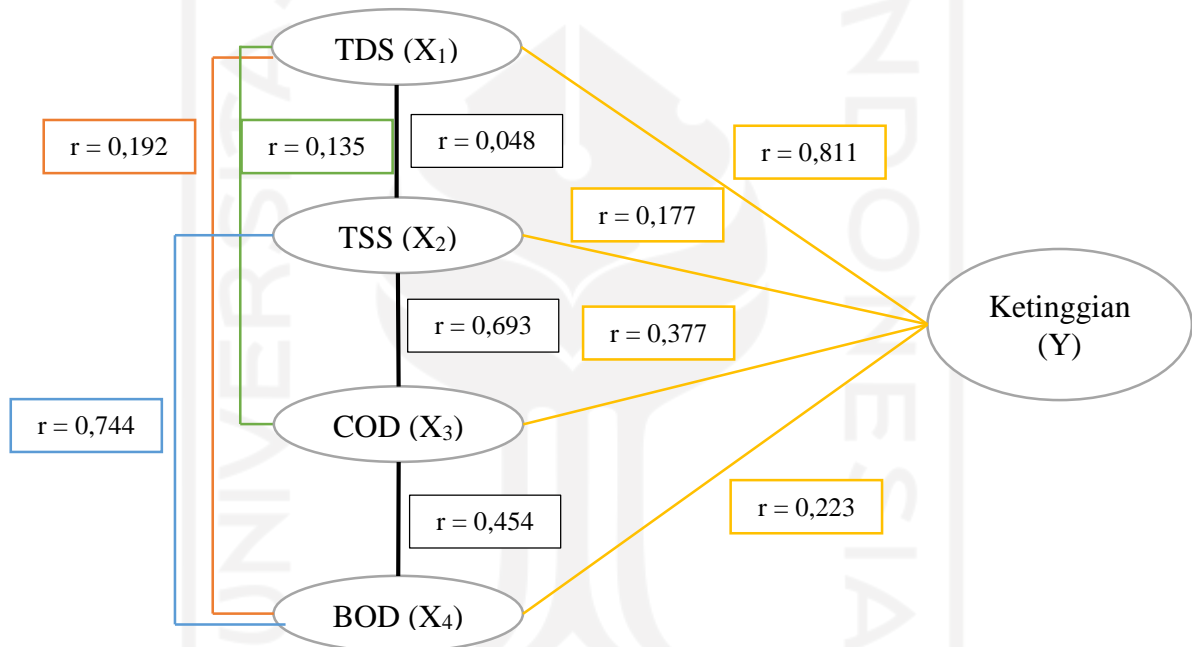
Parameter	Ketinggian	TDS	TSS	COD	BOD
Ketinggian	1	-0,811	-0,177	-0,377	0,223
TDS	-0,811	1	0,048	0,135	-0,192
TSS	-0,177	0,048	1	0,693	0,744
COD	-0,377	0,135	0,693	1	0,454
BOD	0,223	-0,192	0,744	0,454	1

Pada Tabel 20 menunjukkan seluruh parameter telah berdistribusi normal ditunjukkan dengan hasil lebih dari 0,05. Ketika sudah terbukti berdistribusi normal, tahap selanjutnya adalah melihat korelasi antar parameter. Berdasarkan Tabel 21 di atas terlihat terjadi korelasi yang kuat antara parameter TDS dengan ketinggian sebesar -0,811 atau 81,1%. Sedangkan parameter yang lain dapat dikatakan tidak terjadi korelasi dengan ketinggian. Terlihat pula terjadi korelasi yang kuat antara TSS dengan BOD sebesar 0,744 atau 74,4%. Meskipun begitu tidak terjadi multikolinearitas karena nilai korelasi kurang dari 0,9.

Tabel 22 *Coefficients inlet* IPAL Palgading diameter kecil

Model	<i>Collinearity Statistics</i>	
	<i>Tolerance</i>	VIF
TDS	0,872	1,147
TSS	0,279	3,584
COD	0,506	1,975
BOD	0,392	2,549

Pada Tabel 22 *coefficients* juga menunjukkan tidak ada variabel independen yang memiliki nilai *Tolerance* kurang dari 0,1 yang berarti tidak ada korelasi antar variabel independen. Semua nilai VIF juga menunjukkan angka kurang dari 10. Atas dua poin tersebut, maka dapat disimpulkan tidak terjadi multikolinearitas dan memenuhi syarat untuk menjadi model regresi yang baik.



Gambar 13 Skema korelasi *inlet* IPAL Palgading diameter kecil

Tabel 23 Uji korelasi berganda *inlet* IPAL Palgading diameter kecil

r X₁X₂Y	0,823	r X₁X₂X₃Y	0,858
r X₁X₃Y	0,855	r X₁X₂X₄Y	0,867
r X₁X₄Y	0,814	r X₁X₃X₄Y	0,886
r X₂X₃Y	0,359	r X₂X₃X₄Y	0,629
r X₂X₄Y	0,559	r X₁X₂X₃X₄Y	0,894
r X₃X₄Y	0,581		

Pada Tabel 23 menunjukkan hasil korelasi kuat, yaitu X₁X₂Y (TDS, TSS, dan ketinggian), X₁X₃Y (TDS, COD, dan ketinggian), X₁X₄Y (TDS, BOD, dan ketinggian), X₁X₂X₃Y (TDS, TSS, COD, dan ketinggian), X₁X₂X₄Y (TDS, TSS, BOD, dan ketinggian), X₁X₃X₄Y (TDS, COD, BOD, dan ketinggian), dan X₁X₂X₃X₄Y (TDS, TSS, COD, BOD, dan ketinggian). Tetapi terdapat aspek-aspek

yang tidak terpenuhi seperti, signifikansi, T hitung, dan F hitung. Jadi korelasi yang memenuhi hanya TDS dengan ketinggian.

Tabel 24 Model *summary inlet* IPAL Palgading diameter kecil

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Sig. F Change
1	0,811	0,658	0,601	1,44235	0,015

Sumber: analisis data menggunakan SPSS

Dari Tabel 24 didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,811 atau 81,1%. Hal ini mengidentifikasi nilai TDS mempunyai hubungan yang kuat. Nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 ($p < 0,05$) yaitu 0,015 yang mengartikan variabel bebas berpengaruh secara signifikan.

Tabel 25 *Coefficients inlet* IPAL Palgading diameter kecil

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	22,832	3,556		6,421	0,001
	TDS	-0,027	0,008	-0,811	-3,39	0,015

Sumber: analisis data menggunakan SPSS

Berdasarkan Tabel 25 didapatkan nilai T_{hitung} dari variabel independen. Untuk mendapatkan nilai signifikansi perlu dilakukan perbandingan antara T_{hitung} dengan T_{tabel} . Selanjutnya dibandingkan dengan T_{tabel} menggunakan rumus $df = n - k$, maka didapatkan hasil 4. Pada T_{tabel} menunjukkan nilai 2,132. Dapat disimpulkan $T_{hitung} > T_{tabel}$ yang mengartikan parameter TDS mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap ketinggian. Didapatkan persamaan Tinggi = 22,832 - 0,027TDS.

c. *Outlet* IPAL Palgading diameter besar

Tabel 26 Data *outlet* IPAL Palgading diameter besar

Ketinggian (cm)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
14	455,5	742	57,5	6,66
17,5	523	376	137,5	2,39
18	483,5	318	133,75	5,53
19	554	216	77,5	3,98
20,75	536	192	75	4,01
21,5	533	80	27,5	1,58
42,8	558	208	30	2,39

Tabel 27 Uji normalitas *outlet* IPAL Palgading diameter besar

Normalitas Pertama					
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
	TDS	TSS	COD	BOD	Ketinggian
N	7	7	7	7	7
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,003
Normalitas kedua					
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
	TDS	TSS	COD	BOD	Ketinggian
N	7	7	7	7	7
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Tabel 28 Uji korelasi antar parameter *outlet* IPAL Palgading diameter besar

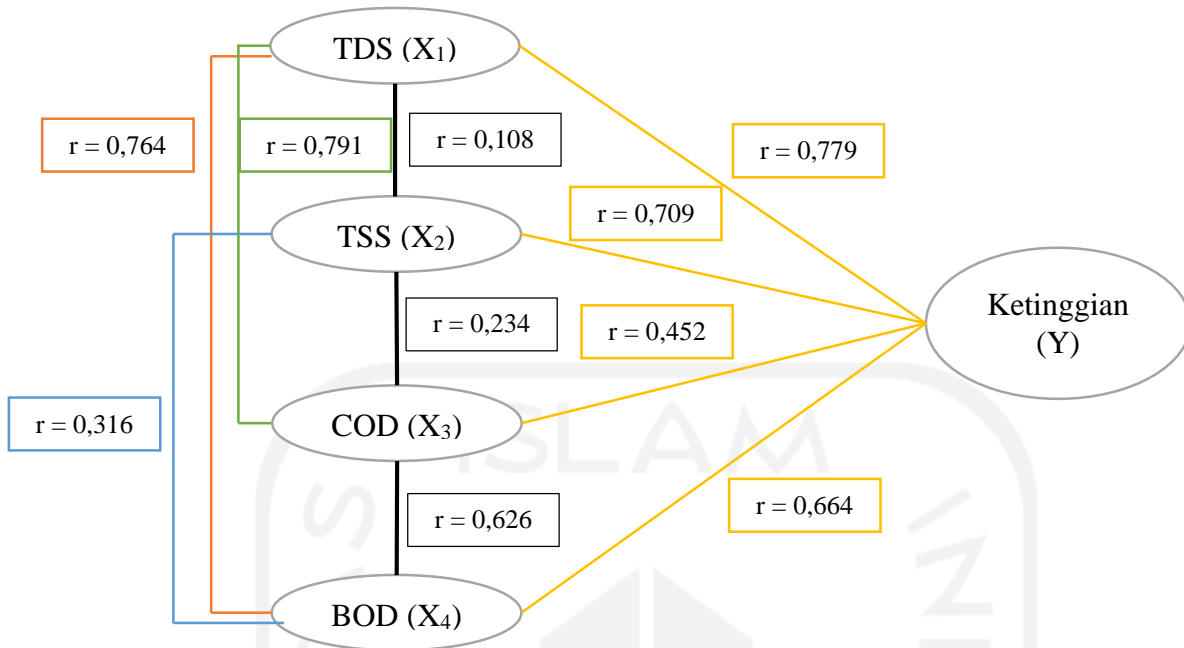
Parameter	Ketinggian	TDS	TSS	COD	BOD
Ketinggian	1	0,609	-0,437	-0,509	-0,501
TDS	-0,779	1	-0,821	-0,305	-0,784
TSS	-0,709	-0,821	1	0,216	0,749
COD	0,452	-0,305	0,216	1	0,271
BOD	0,664	-0,784	0,749	0,271	1

Pada Tabel 27 awalnya ketinggian belum berdistribusi normal karena mempunyai nilai 0,003. Setelah dilakukan transformasi data, seluruh parameter telah berdistribusi normal ditunjukkan dengan hasil lebih dari 0,05. Ketika sudah terbukti berdistribusi normal, tahap selanjutnya adalah melihat korelasi antar parameter. Berdasarkan Tabel 28 terjadi korelasi yang kuat antara ketinggian dengan TDS sebesar -0,779 atau 77,9% dan TSS sebesar -0,709 atau 70,9%. Terlihat pula adanya korelasi yang kuat antara TDS dengan TSS sebesar -0,821 atau 82,1%, TDS dengan BOD sebesar -0,784 atau 78,4%, dan TSS dengan BOD sebesar 0,749 atau 74,9%. Meskipun begitu tidak terjadi multikolinearitas karena nilai korelasi kurang dari 0,9.

Tabel 29 *Coefficients outlet* IPAL Palgading diameter besar

Model	Collinearity Statistics	
	Tolerance	VIF
TDS	0,253	3,952
TSS	0,295	3,390
COD	0,898	1,114
BOD	0,350	2,858

Pada Tabel 29 *coefficients* juga menunjukkan tidak ada variabel independen yang memiliki nilai *Tolerance* kurang dari 0,1 yang berarti tidak ada korelasi antar variabel independen. Semua nilai VIF juga menunjukkan angka kurang dari 10. Atas dua poin tersebut, maka dapat disimpulkan tidak terjadi multikolinearitas dan memenuhi syarat untuk menjadi model regresi yang baik.



Gambar 14 Skema korelasi *outlet* IPAL Palgading diameter besar

Tabel 30 Uji korelasi berganda *outlet* IPAL Palgading diameter besar

$r_{X_1X_2Y}$	0,788	$r_{X_1X_2X_3Y}$	0,822
$r_{X_1X_3Y}$	0,811	$r_{X_1X_2X_4Y}$	0,790
$r_{X_1X_4Y}$	0,784	$r_{X_1X_3X_4Y}$	0,814
$r_{X_2X_3Y}$	0,772	$r_{X_2X_3X_4Y}$	0,787
$r_{X_2X_4Y}$	0,737	$r_{X_1X_2X_3X_4Y}$	0,823
$r_{X_3X_4Y}$	0,722		

Pada Tabel 30 menunjukkan keseluruhan hasil korelasi kuat, tetapi terdapat aspek-aspek yang tidak terpenuhi seperti, signifikansi, T hitung, dan F hitung. Begitu juga dengan korelasi sederhana, meskipun terjadi korelasi TDS dengan ketinggian serta TSS dengan ketinggian. Namun tetap tidak memenuhi aspek.

d. *Outlet* IPAL Palgading diameter kecil

Tabel 31 Data *outlet* IPAL Palgading diameter kecil

Ketinggian (cm)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
14	455,5	742	57,5	6,66
15,5	545	328	205	4,76
16	554	216	77,5	3,98
18	533	80	27,5	1,58
19	536	192	75	4,01
19,5	438,5	200	95	3,91
20,75	483,5	318	133,75	5,53
39,5	558	208	30	2,39

Tabel 32 Uji normalitas *outlet* IPAL Palgading diameter kecil

Normalitas Pertama					
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
	TDS	TSS	COD	BOD	Ketinggian
N	8	8	8	8	8
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,045	0,045	0,2	0,2	0,004
Normalitas Kedua					
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
	TDS	TSS	COD	BOD	Ketinggian
N	8	8	8	8	8
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,2	0,006	0,153	0,2	0,2

Pada Tabel 32 awalnya ketinggian, TDS, dan TSS belum berdistribusi normal karena mempunyai nilai kurang dari 0,05. Setelah dilakukan transformasi data, TSS masih belum memenuhi 0,05 sehingga tidak dapat dilakukan pengujian ke tahap selanjutnya karena data tidak normal.

e. *Inlet* IPAL Tirto Asri diameter besar

Tabel 33 Data *inlet* IPAL Tirto Asri diameter besar

Ketinggian (cm)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
5,5	425,5	468	568,75	37,82
7	398	420	390	31,80
8	355	800	321,25	29,38
8,75	392	226	285	45,01
9	284	164	47,5	6,37
10	280	224	167,5	28,59
10,5	277,5	276	221,25	37,69
12,5	403	24	275	21,87
13,75	305,5	466	143,75	37,23
15,5	402	8	272,5	22,61

Tabel 34 Uji normalitas *inlet* IPAL Tirto Asri diameter besar

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
	TDS	TSS	COD	BOD	Ketinggian
N	10	10	10	10	10
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,081	0,2	0,2	0,2	0,2

Tabel 35 Uji korelasi antar parameter *inlet* IPAL Tirto Asri diameter besar

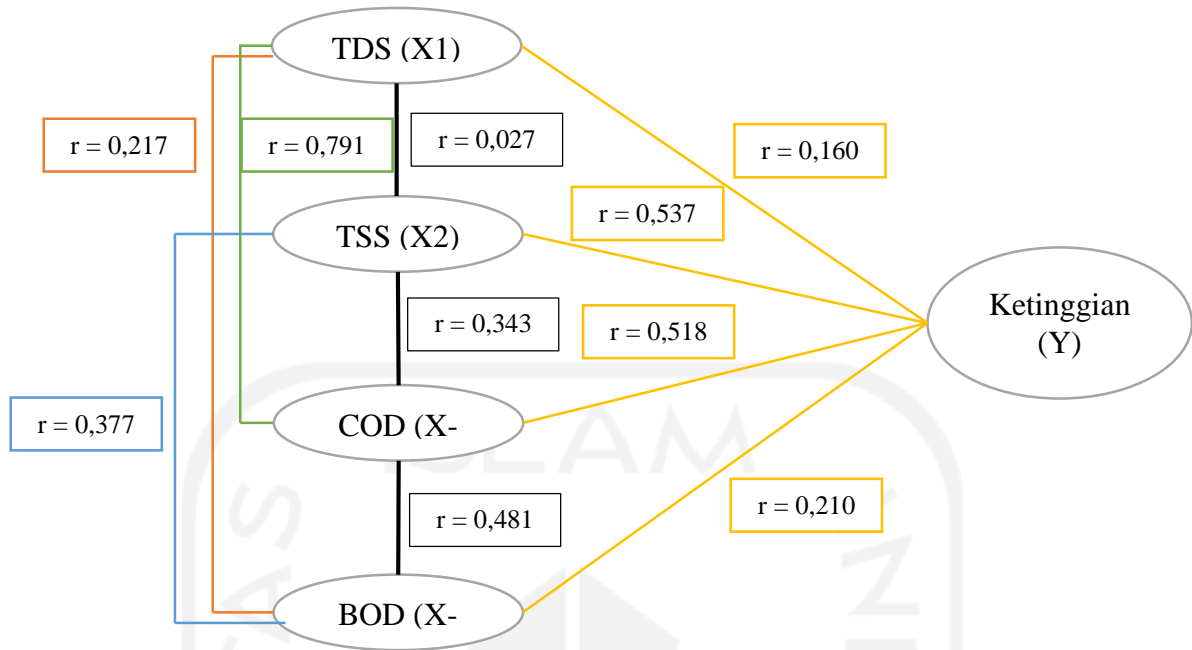
Parameter	Ketinggian	TDS	TSS	COD	BOD
Ketinggian	1	-0,160	-0,537	-0,518	-0,210
TDS	-0,160	1	-0,027	0,791	0,217
TSS	-0,537	-0,027	1	0,343	0,377
COD	-0,518	0,791	0,343	1	0,481
BOD	-0,210	0,217	0,377	0,481	1

Pada Tabel 34 menunjukkan seluruh parameter telah berdistribusi normal ditunjukkan dengan hasil lebih dari 0,05. Ketika sudah terbukti berdistribusi normal, tahap selanjutnya adalah melihat korelasi antar parameter. Berdasarkan Tabel 35 di atas terlihat tidak terjadi korelasi yang kuat antara ketinggian dengan semua parameter independen. Tetapi terlihat adanya korelasi yang kuat antara TDS dengan COD sebesar 0,791 atau 79,1%. Meskipun begitu dapat dikatakan tidak terjadi multikolinearitas karena nilai korelasi kurang dari 0,9.

Tabel 36 *Coefficients inlet* IPAL Tirto Asri diameter besar

Model	<i>Collinearity Statistics</i>	
	<i>Tolerance</i>	VIF
TDS	0,261	3,831
TSS	0,635	1,575
COD	0,205	4,872
BOD	0,687	1,455

Pada Tabel 36 *coefficients* juga menunjukkan tidak ada variabel independen yang memiliki nilai *Tolerance* kurang dari 0,1 yang berarti tidak ada korelasi antar variabel independen. Semua nilai VIF juga menunjukkan angka kurang dari 10. Atas dua poin tersebut, maka dapat disimpulkan tidak terjadi multikolinearitas dan memenuhi syarat untuk menjadi model regresi yang baik.



Gambar 15 Skema korelasi inlet IPAL Tirto Asri diameter besar

Tabel 37 Uji korelasi berganda inlet IPAL Tirto Asri diameter besar

$r_{X_1X_2Y}$	0,565	$r_{X_1X_2X_3Y}$	0,690
$r_{X_1X_3Y}$	0,660	$r_{X_1X_2X_4Y}$	0,566
$r_{X_1X_4Y}$	0,241	$r_{X_1X_3X_4Y}$	0,684
$r_{X_2X_3Y}$	0,645	$r_{X_2X_3X_4Y}$	0,661
$r_{X_2X_4Y}$	0,538	$r_{X_1X_2X_3X_4Y}$	0,719
$r_{X_3X_4Y}$	0,520		

Pada Tabel 37 menunjukkan hasil korelasi yang kuat, yaitu $X_1X_2X_3X_4Y$ (TDS, TSS, COD, BOD, dan ketinggian). Namun, hal ini tidak dapat dilanjutkan ke regresi karena nilai signifikansi tidak memenuhi dimana seharusnya $p < 0,05$.

Tabel 38 Model *summary* inlet IPAL Tirto Asri diameter besar

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Sig. F Change
1	0,719	0,517	0,131	2,89236	0,372

Sumber: analisis data menggunakan SPSS

f. *Inlet* IPAL Tirto Asri diameter kecil

Tabel 39 Data *inlet* IPAL Tirto Asri diameter kecil

Ketinggian (cm)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
7,5	355	800	321,25	29,38
8,25	392	226	285	45,01
8,75	416,5	122	477,5	35,26
9	402	8	272,5	22,61
9,5	277,5	276	221,25	37,69
10	284	164	47,5	6,37
11	398	420	390	31,80
13	280	224	167,5	28,59
14	378	24	202,5	22,24

Tabel 40 Uji normalitas *inlet* IPAL Tirto Asri diameter kecil

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
	TDS	TSS	COD	BOD	Ketinggian
N	9	9	9	9	9
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,2	0,152	0,2	0,2	0,2

Tabel 41 Uji korelasi antar parameter *inlet* IPAL Tirto Asri diameter kecil

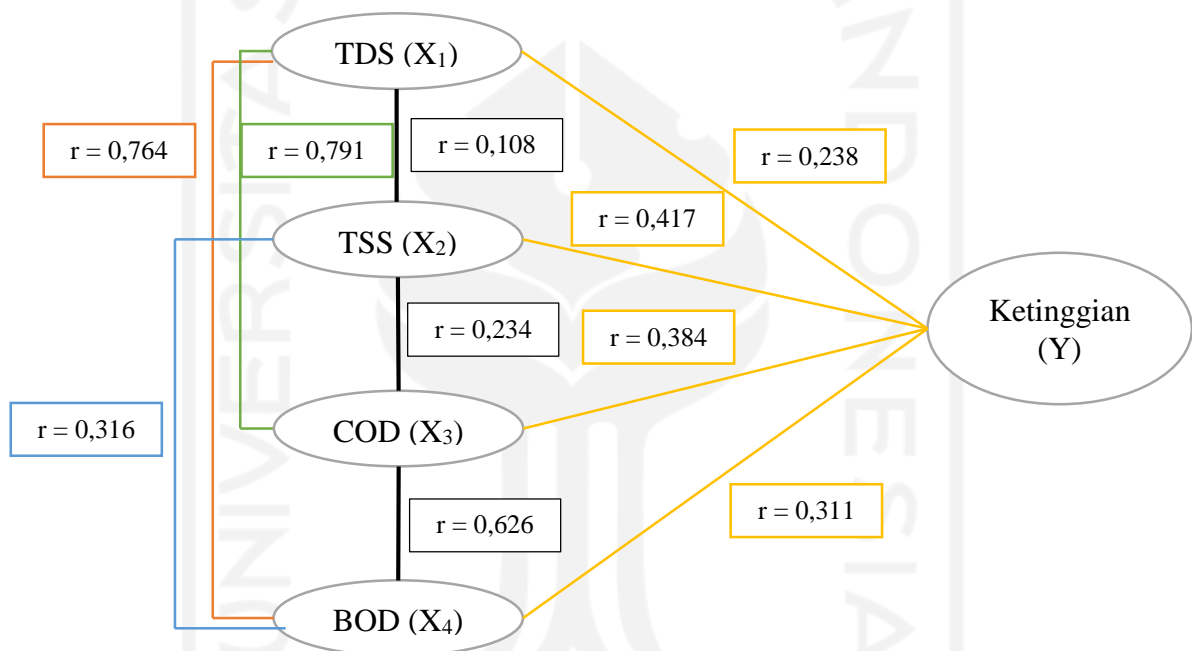
Parameter	Ketinggian	TDS	TSS	COD	BOD
Ketinggian	1	-0,238	-0,417	-0,384	-0,311
TDS	-0,238	1	-0,108	0,764	0,316
TSS	-0,417	-0,108	1	0,234	0,223
COD	-0,384	0,764	0,234	1	0,626
BOD	-0,311	0,316	0,223	0,626	1

Pada Tabel 40 menunjukkan seluruh parameter telah berdistribusi normal ditunjukkan dengan hasil lebih dari 0,05. Ketika sudah terbukti berdistribusi normal, tahap selanjutnya adalah melihat korelasi antar parameter. Berdasarkan Tabel 41 di atas terlihat tidak terjadi korelasi yang kuat antara ketinggian dengan semua parameter independen. Tetapi terlihat adanya korelasi yang kuat antara TDS dengan COD sebesar 0,764 atau 76,4%. Meskipun begitu dapat dikatakan tidak terjadi multikolinearitas karena nilai korelasi kurang dari 0,9.

Tabel 42 *Coefficients inlet* IPAL Tirto Asri diameter kecil

Model	<i>Collinearity Statistics</i>	
	<i>Tolerance</i>	VIF
TDS	0,297	3,367
TSS	0,746	1,341
COD	0,205	4,878
BOD	0,542	1,844

Pada Tabel 42 *coefficients* juga menunjukkan tidak ada variabel independen yang memiliki nilai *Tolerance* kurang dari 0,1 yang berarti tidak ada korelasi antar variabel independen. Semua nilai VIF juga menunjukkan angka kurang dari 10. Atas dua poin tersebut, maka dapat disimpulkan tidak terjadi multikolinearitas dan memenuhi syarat untuk menjadi model regresi yang baik.



Gambar 16 Skema korelasi *inlet* IPAL Tirto Asri diameter kecil

Tabel 43 Uji korelasi berganda *inlet* IPAL Tirto Asri diameter kecil

r X₁X₂Y	0,505	r X₁X₂X₃Y	0,517
r X₁X₃Y	0,394	r X₁X₂X₄Y	0,522
r X₁X₄Y	0,344	r X₁X₃X₄Y	0,399
r X₂X₃Y	0,511	r X₂X₃X₄Y	0,514
r X₂X₄Y	0,474	r X₁X₂X₃X₄Y	0,524
r X₃X₄Y	0,395		

Pada Tabel 43 terlihat tidak ada hasil korelasi yang kuat sehingga tidak dapat dilanjutkan ke tahap regresi. Jika dilihat lebih lanjut aspek-aspek seperti signifikansi juga tidak akan terpenuhi.

g. *Outlet* IPAL Tirto Asri diameter besar

Tabel 44 Data *outlet* IPAL Tirto Asri diameter besar

Ketinggian (cm)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
13	453,5	572	95	11,89
52,75	237	192	53,75	19,96
68	174	112	167,5	4,78
71	218	452	28,75	20,38
87,5	213	360	51,25	15,86
99,5	205	32	65	2,38
140	178,5	136	30	16,45

Tabel 45 Uji normalitas *outlet* IPAL Tirto Asri diameter kecil

Normalitas Pertama					
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
	TDS	TSS	COD	BOD	Ketinggian
N	7	7	7	7	7
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,005	0,2	0,18	0,2	0,2
Normalitas Kedua					
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
	TDS	TSS	COD	BOD	Ketinggian
N	7	7	7	7	7
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,014	0,2	0,2	0,2	0,2

Pada Tabel 45 awalnya TDS belum berdistribusi normal karena mempunyai nilai kurang dari 0,05. Setelah dilakukan transformasi data, berganti TSS yang masih belum memenuhi 0,05 sehingga tidak dapat dilakukan pengujian ke tahap selanjutnya karena data tidak normal.

h. *Outlet* IPAL Tirto Asri diameter kecil

Tabel 46 Data *outlet* IPAL Tirto Asri diameter kecil

Ketinggian (cm)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
13,25	453,5	572	95	11,89
42,5	237	192	53,75	19,96
59,75	218	452	28,75	20,38
67,5	174	112	167,50	4,78
75,5	205	32	65	2,38
84,5	213	360	51,25	15,86
102,75	178,5	136	30	16,45

Tabel 47 Uji normalitas *outlet* IPAL Tirto Asri diameter kecil

Normalitas Pertama					
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
	TDS	TSS	COD	BOD	Ketinggian
N	7	7	7	7	7
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,005	0,2	0,18	0,2	0,2
Normalitas Kedua					
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
	TDS	TSS	COD	BOD	Ketinggian
N	7	7	7	7	7
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,014	0,2	0,2	0,2	0,2

Pada Tabel 47 awalnya TDS belum berdistribusi normal karena mempunyai nilai kurang dari 0,05. Setelah dilakukan transformasi data, berganti TSS yang masih belum memenuhi 0,05 sehingga tidak dapat dilakukan pengujian ke tahap selanjutnya karena data tidak normal.

Secara keseluruhan korelasi berganda hanya terbentuk pada *inlet* IPAL Palgading diameter besar antara parameter TSS, BOD, dan ketinggian. Terbentuk pula regresi sederhana pada *inlet* IPAL Palgading diameter kecil parameter TDS dengan ketinggian. Sedangkan yang lainnya belum memenuhi beberapa aspek seperti normalitas dan signifikansinya sehingga tidak dapat dilakukan pengujian lanjutan. Tidak meratanya hasil korelasi yang terbentuk dapat terjadi karena beberapa faktor, seperti konsistensi air limbah setiap harinya yang tidak sama dan kurang homogenya larutan sampel. Dapat juga dilihat pada hasil pengujian parameter independen dan ketinggian air yang mempunyai fluktuasi cukup tinggi.

Alat *clarity meter* perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut sebelum dapat digunakan dan diaplikasikan ke masyarakat. Pada penelitian ini pengujian sampel dilakukan dengan air sampel yang diambil berbeda hari, saran untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan air sampel yang sama hanya bervariasi terhadap ketinggian airnya. Dapat juga ditambahkan sensor agar hasil yang didapatkan lebih mendekati dan tidak bias. Untuk jumlah data penelitian juga ditambah dimana penelitian korelasional jumlah sampel minimal untuk memperoleh hasil yang baik adalah 30. Semakin besar jumlah sampel (semakin mendekati populasi) maka semakin kecil peluang kesalahan generalisasi dan begitupun sebaliknya. Selain itu juga perlu dilakukan pengujian fisik seperti pH dan suhu agar mengetahui dampak perbedaan parameter fisik.



BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Kualitas influen IPAL komunal Palgading dan Tirto Asri parameter TSS dan COD masih melebihi baku mutu, sedangkan parameter TDS dan BOD telah memenuhi baku mutu. Untuk bagian efluennya, parameter TDS, COD, dan BOD telah memenuhi baku mutu, sedangkan TSS masih melebihi baku mutu. Baku mutu yang digunakan berdasarkan Perda DIY No. 7 Tahun 2016.
2. Pembuatan alat *clarity meter* perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut. Karena hasil yang didapatkan belum maksimal. Meskipun begitu telah terbentuk regresi berganda pada *inlet* IPAL Palgading diameter besar antara parameter TSS, BOD, dan ketinggian sehingga terbentuk persamaan Y (ketinggian) = $12,068 - 0,024TSS + 0,122BOD$. Terbentuk pula regresi sederhana pada *inlet* IPAL Palgading diameter kecil antara parameter TDS dan ketinggian sehingga membentuk persamaan Y (ketinggian) = $22,832 - 0,027TDS$. Sedangkan pada poin yang lain masih belum memenuhi dari segi normalitas dan signifikansinya.

5.2 Saran

Saran untuk mendukung pengembangan penelitian ini adalah:

1. Melakukan pengujian sampel dengan air limbah yang sama dengan beda ketinggian, bukan berdasarkan banyaknya hari.
2. Melakukan evaluasi IPAL komunal pada wilayah berbeda.
3. Peningkatan pemantauan dan operasional IPAL komunal yang telah dibangun agar berjalan dengan baik bagi pemerintah maupun masyarakat.
4. Penyempurnaan alat *clarity meter* dengan menambahkan sensor agar hasil dapat optimal dan dapat diaplikasikan.
5. Jumlah data yang diambil lebih banyak, minimal 30 data.
6. Dilakukan pengujian parameter fisik seperti pH dan suhu agar tahu apakah ada pengaruhnya.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, I., & Amdani, K. (2018). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kelayakan Air Minum yang Diproduksi Depot Air Minum Isi Ulang (AMIU) Berbasis Mikrokontroler AT89S51 dan LCD Menggunakan Inframerah dan Photodiode sebagai Indikator. *Jurnal Einstein* 6 (2), 39-44.
- Aly, H., Hustim, M., & Palaganda, D. (2015). Evaluasi Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Berbasis Masyarakat di Kecamatan Tallo Kotamadya Makassar. *Skripsi*, 2.
- Arifudin, & Setiyono. (2019). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Gedung Perkantoran X di Jakarta. *JRL. Vol. 12 No. 2*, 89-98.
- Bhakti, A., & Herumurti, W. (2016). Evaluasi Kinerja IPAL-IPAL Program SPBM-USRI Tahun Pembangunan 2012-2014 di Surabaya. *Jurnal Teknik ITS Volume 5, Nomor 2*, C118-C123.
- Cahyani, Harmadi, & Wildian. (2016). Pengembangan Alat Ukur Total Dissolved Solid (TDS) Berbasis Mikrokontroler dengan Beberapa Variasi Bentuk Sensor Konduktivitas. *Jurnal Fisika Unpad Vol. 5 No. 4*.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fardiaz, S. (1992). *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Ghozali, I. (2013). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 21 Update PLS Regresi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Indaryanto, F. R. (2015). Kedalaman Secchi Disk dengan Kombinasi Warna Hitam-Putih yang Berbeda di Waduk Ciwaka. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Vol. 5 No. 2*, 11-14.
- Iryanti, Noviana, & Prinajati. (2019). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Komunal di Sindangrasa. *Jurnal Hasil Penelitian Mahasiswa Fakultas Teknik*, 1-7.
- Kencanawati, C. I. (2016). *Sistem Pengelolaan Air Limbah*. Bukit Jimbaran: Universitas Udayana.
- Khotimah, K. N. (2018). *Uji Toksisitas IPAL Komunal di Kecamatan Bantul Menggunakan Metode Whole Effluent Toxicity (WET) pada *Daphnia magna**. Skripsi Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan: Universitas Islam Indonesia.
- Kurnianingtyas, E., Prasetya, A., & Tawfieurrahman, A. (2020). Kajian Kinerja Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal (Studi Kasus: IPAL Komunal Kalisong, Kelurahan Sembung, Kecamatan Tulungagung, Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur). *Media Ilmiah Teknik Lingkungan Volume 5, Nomor 1*, 62-70.

- Kustianingsih, E., & Irawanto, R. (2020). Pengukuran Total Dissolved Solid (TDS) dalam Fitoremediasi Deterjen dengan Tumbuhan *Sagittaria lancifolia*. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan Vol. 7 No. 1*, 143-148.
- Kustianingsih, & Irawanto. (2020). Pengukuran Total Dissolved Solid (TDS) dalam Fitoremediasi Deterjen dengan Tumbuhan *Sagittaria lancifolia*. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan Vol. 7 No. 1*, 143-148.
- Mardhia, & Abdullah. (2018). Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar. *Jurnal Biologi Tropis*, 182-189.
- Mitchell, Brodie, & Faithful. (2007). *Testing Simple Sediment and Nutrient Methods for Landholder Use*. Townsville: CRC Reef Research Centre.
- Myre, & Shaw. (2006). *The Turbidity Tube: Simple and Accurate Measurement of Turbidity in the Field*. Houghton: Michigan Technological University.
- Ningrum, S. O. (2018). Analisis Kualitas Badan Air dan Kualitas Air Sumur di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Vol. 10 No. 1*, 1-12.
- Paramita. (2012). BIodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS Vol. 1*, E23-E26.
- Purnomo, R. A. (2017). *Analisis Statistik Ekonomi dan Bisnis dengan SPSS*. Ponorogo: UNMUH Ponorogo Press.
- Purwatiningrum, O. (2016). Gambaran Instalasi Pengolahan Air Limbah DOMestik Komunal di Kelurahan Simokerto, Kecamatan Simokerto, Kota Surabaya. 241-251.
- Ranudi, R. S. (2018). *Evaluasi Pengelolaan IPAL Komunal di Kabupaten Sleman*. Skripsi Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan: Universitas Islam Indonesia.
- Rinawati, e. a. (2016). Penentuan Kandungan Zat Padat (Total Dissolved Solid dan Total Suspended Solid) di Perairan Teluk Lampung. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry Vol. 1 No. 01*, 36-46.
- Siregar, S. (2016). *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta: Kanisius.
- Smith, & Colley. (1992). Perception of Water Clarity and Colour in Terms of Suitability for Recreational Use. *Journal of Environmental Management*, 225-235.
- Smith, & Croker. (1991). Water Clarity Criteria for Bathing Waters Based on User Perception. *Journal of Environmental Management*, 285-299.
- Sofyan, e. a. (2016). *Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik-Terpusat Skala Pemukiman*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

- South, & Nazir. (2016). Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga (Grey Water) pada Salah Satu Perumahan Menengah Keatas yang Berada di Tangerang Selatan. *Ecolab Vol. 10 No. 2*, 47-102.
- Susanthi, Purwanto, & Suprihatin. (2018). Evaluasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan IPAL Komunal di Kota Bogor. *Jurnal Teknologi Lingkungan Vol. 19, No. 2*, 229-238.
- Sutisna, A. (2018). Penentuan Angka Dissolved Oxygen (DO) pada Air Sumur Warga Sekitar Industri CV. Bumi Waras Bandar Lampung. *Jurnal Analisis Farmasi Vol. 3 No. 4*, 246-251.
- Ulum, Suherman, & Syafrudin. (2015). Kinerja Pengelolaan IPAL Berbasis Masyarakat Program USRI Kelurahan Ngijo, Kecamatan Gunung Pati, Kota Semarang. *Jurnal Ilmu Lingkungan Vol. 13 Issue 2*, 65-71.
- Widodo, E., & Maulani, D. (2016). Analisis Pengaruh BOD, TSS, dan Minyak Lemak Terhadap COD dengan Pendekatan Regresi Linier Berganda PT. X di Tangerang. *ISBN 978-979-3812-46-5*, 244-248.
- Wijayaningrat, A. T. (2018). *Evaluasi Kinerja IPAL Komunal di Kecamatan Banguntapan dan Bantul, Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta Ditinjau dari Parameter Fisika dan Kimia*. Skripsi Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan: Universitas Islam Indonesia.
- Yudiatmaja, F. (2013). *Analisis Regresi dengan Menggunakan Aplikasi Komputer Statistik SPSS*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Yuliara, I. M. (2016). *Regresi Linier Berganda*. Denpasar: Universitas Udayana.

LAMPIRAN



Lampiran 1 Data efluen IPAL komunal DIY 2016

No	Parameter	BOD	COD	TDS	TSS	M&L	Deterjen	Suhu	Ph	Coliform
	Kadar paling banyak	30	100		30	5			6 sampai 9	3000
	Satuan	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	°C		MPN/100 ml
1	Ds. Sambirejo, Selomartani, Kalasan, Sleman	140.2	203.6	461.0	111.0	34.0	3.03	28	6.14	95000000
2	Ds. Babadan, wedomartani, Ngemplak	280.1	541.5	280.0	123.0	9.0	3.90	29	5.83	10000000
3	Ds. Bandulan, Sukoharjo, Ngaglik, Sleman	175.0	254.6	440.0	262.0	13.4	4.15	28	6.08	29000000
4	Krowulan, Binomartani, Ngemplak, Sleman	87.8	119.6	420.0	124.0	15.8	2.97	28	5.97	189800000
5	KSM Rukun, Umbulhartani, Ngemplak, Sleman	280.1	562.4	344.0	115.0	16.2	2.58	26	6.30	10000000
6	Sebrangan, Jowah, Sidoluhur, Godean, Sleman	69.3	101.5	213.0	224.0	16.8	2.57	27	7.00	189800000
7	Padukuhan Ganjuran, Sidorejo, Sleman	87.3	102.9	335.0	180.0	4.4	1.66	28	7.01	21000000
8	Ds. Sumberagung, Moyudan, Sleman	69.2	106.7	715.0	205.0	6.4	1.91	28	7.24	18000000
9	Ds. Sumberagung, Moyudan, Sleman	139.7	618.1	581.0	134.0	15.0	3.00	28	7.68	7600000
10	Padukuhan Gancangan, Sidomulyo, Sleman	52.3	100.8	504.0	267.0	14.8	2.96	29	7.98	189800000
11	Padukuhan Tangkilan, Sidoarum, Godean, Sleman	87.3	100.8	591.0	206.0	11.0	3.05	28	6.95	11600000
12	Prenggan, Sidokarto, Godean, Sleman	131.0	180.9	456.0	140.5	16.0	2.67	28	6.76	189800000

13	IPAL Ngampilan RT.07, RT 08 RW 02, Yogyakarta	140.2	521.3	525.0	160.0	31.2	3.53	28	6.10	7000000
14	IPAL Ngampilan RT 01, RT 05, 06, Yogyakarta	175.2	426.6	540.0	171.0	10.6	3.99	29	5.98	7000000
15	Ngaglik RW 12, Giwangan, Umbulharjo, Yogyakarta	122.3	173.2	512.0	183.0	18.0	2.90	29	6.83	271000000
16	RT 30-47, RW 10, Gambiran, Umbulharjo, Yogyakarta	157.2	273.5	534.0	173.0	15.8	2.82	29	6.70	1130000000
17	KSM Sedia Waras, Sonopakis, Ngestiharjo, Bantul	157.7	170.4	527.0	150.0	21.8	4.38	30	6.50	15000000
18	Sonopakis Kidul, Ngestiharjo, Bantul	210.2	256.0	569.0	286.0	11.8	3.95	29	6.37	21000000
19	Kalipucang RT 01, Bangunjiwo, Kasihan, Bantul	175.2	207.2	611.0	311.0	18.8	4.32	28	7.24	1898000000
20	Bangunjiwo RT 13, Kasihan, Bantul	175.2	231.6	738.0	256.0	14.0	2.86	30	6.37	7000000
21	Timbulharjo, Sewon, Bantul	192.7	215.6	522.0	211.0	106.2	2.53	28	6.55	1898000000
22	Jaranan, Panggunharjo, Sewon, Bantul	157.7	223.2	576.5	217.5	20.2	2.67	30	6.77	11000000
23	Serontaan, Argomulyo, Sedayu	104.7	256.7	811.0	104.0	11.8	2.93	30	6.79	46000000
24	Watu, Argomulyo, Sedayu	192.2	309.6	764.0	245.0	8.2	2.59	29	6.88	1168000000
25	Plawonan, Argomulyo, Sedayu	131.0	223.2	809.0	273.0	8.2	2.56	30	7.08	26000000
26	Jambidan II, Banguntapan, Bantul	104.8	138.1	467.0	262.0	16.2	2.35	29	6.83	1898000000
27	Jambidan II, Banguntapan, Bantul	104.8	176.0	411.0	260.0	11.8	3.40	28	6.79	438000000
28	Ds. Potorono II, Banguntapan, Bantul	174.7	215.7	458.0	207.0	1.4	2.87	29	6.81	15000000

29	Ds. Nglaren, Potorono, Banguntapan, Bantul	87.3	139.5	428.0	151.0	14.8	2.94	29	6.95	4380000000
30	Ds.Tamanan III, Banguntapan, Bantul	104.8	122.2	547.0	227.0	86.4	2.92	28	6.92	18980000000
31	Klewonan, Triharjo, Wates, Kulonprogo	122.2	227.4	731.0	354.0	12.0	3.30	29	7.00	18980000000
32	Kedundang, Temon, Kulonprogo	157.2	203.1	785.0	314.0	24.2	2.26	28	6.78	18980000000
33	Sanggrahan Kidul, Bendungan, Wates, Kulonprogo	139.7	280.3	548.0	296.0	36.2	2.11	30	7.35	18980000000
34	Dsn. Sideman, Ds. Girirerpo, Wates, Kulonprogo	104.7	211.0	770.0	234.0	7.8	1.57	29	6.73	18980000000
35	Jogoyudan, Wates, Kulonprogo	139.7	213.5	556.0	224.0	11.4	1.67	30	6.92	46000000
36	Ds Tegalmulyo, Kepek, Wonosari	139.7	264.3	705.0	478.0	9.4	3.21	29	6.86	760000000
37	Dsn. Besari, Ds. Siraman, Wonosari	87.3	111.3	793.0	471.0	12.8	0.70	29	7.28	18980000000
38	KSM Sumbermulyo, Kepek, Gunungkidul	192.2	279.7	841.0	475.0	12.8	1.76	29	6.79	18980000000
39	Dsn. Karangjerek, Wonosari	104.8	751.1	770.0	490.0	42.6	2.04	28	6.96	438000000
40	Ds.Mulyosari, Baleharjo, Wonosari	139.7	283.1	933.0	454.0	11.4	2.02	29	7.07	18980000000
41	Ds. Gading IV, Gading, Playen, Gunung kidul	96.1	109.9	577.0	488.0	5.6	2.01	28	7.00	116000000

الجامعة الإسلامية
الاستدرا الأندلسي

Lampiran 2 Tabel uji F

Tabel Uji F

$\alpha = 0,05$	$df_1=(k-1)$							
$df_2=(n-k-1)$	1	2	3	4	5	6	7	8
1	161.44 8	199,500	215.70 7	224,583	230,162	233.98 6	236,768	238,883
2	18,513	19,000	19,164	19,247	19,296	19,330	19,353	19,371
3	10,128	9,552	9,277	9,117	9,013	8,941	8,887	8,845
4	7,709	6,944	6,591	6,388	6,256	6,163	6,094	6,041
5	6,608	5,786	5,409	5,192	5,050	4,950	4,876	4,818
6	5,987	5,143	4,757	4,534	4,387	4,284	4,207	4,147
7	5,591	4,737	4,347	4,120	3,972	3,866	3,787	3,726
8	5,318	4,459	4,066	3,838	3,687	3,581	3,500	3,438
9	5,117	4,256	3,863	3,633	3,482	3,374	3,293	3,230
10	4,965	4,103	3,708	3,478	3,326	3,217	3,135	3,072
11	4,844	3,982	3,587	3,357	3,204	3,095	3,012	2,948
12	4,747	3,885	3,490	3,259	3,106	2,996	2,913	2,849
13	4,667	3,806	3,411	3,179	3,025	2,915	2,832	2,767
14	4,600	3,739	3,344	3,112	2,958	2,848	2,764	2,699
15	4,543	3,682	3,287	3,056	2,901	2,790	2,707	2,641
16	4,494	3,634	3,239	3,007	2,852	2,741	2,657	2,591
17	4,451	3,592	3,197	2,965	2,810	2,699	2,614	2,548
18	4,414	3,555	3,160	2,928	2,773	2,661	2,577	2,510
19	4,381	3,522	3,127	2,895	2,740	2,628	2,544	2,477
20	4,351	3,493	3,098	2,866	2,711	2,599	2,514	2,447
21	4,325	3,467	3,072	2,840	2,685	2,573	2,488	2,420
22	4,301	3,443	3,049	2,817	2,661	2,549	2,464	2,397
23	4,279	3,422	3,028	2,796	2,640	2,528	2,442	2,375
24	4,260	3,403	3,009	2,776	2,621	2,508	2,423	2,355
25	4,242	3,385	2,991	2,759	2,603	2,490	2,405	2,337
26	4,225	3,369	2,975	2,743	2,587	2,474	2,388	2,321
27	4,210	3,354	2,960	2,728	2,572	2,459	2,373	2,305
28	4,196	3,340	2,947	2,714	2,558	2,445	2,359	2,291
29	4,183	3,328	2,934	2,701	2,545	2,432	2,346	2,278

Lampiran 3 Tabel uji T

Tabel Uji t

df=(n-k)	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.025$
1	6,314	12,706
2	2,920	4,303
3	2,353	3,182
4	2,132	2,776
5	2,015	2,571
6	1,943	2,447
7	1,895	2,365
8	1,860	2,306
9	1,833	2,262
10	1,812	2,228
11	1,796	2,201
12	1,782	2,179
13	1,771	2,160
14	1,761	2,145
15	1,753	2,131
16	1,746	2,120
17	1,740	2,110
18	1,734	2,101
19	1,729	2,093
20	1,725	2,086
21	1,721	2,080
22	1,717	2,074
23	1,714	2,069
24	1,711	2,064
25	1,708	2,060
26	1,706	2,056
27	1,703	2,052
28	1,701	2,048
29	1,699	2,045
30	1,697	2,042
31	1,696	2,040
32	1,694	2,037
33	1,692	2,035
34	1,691	2,032
35	1,690	2,030
36	1,688	2,028
37	1,687	2,026
38	1,686	2,024
39	1,685	2,023
40	1,684	2,021
41	1,683	2,020