

TA/TL/2022/1438

TUGAS AKHIR
EVALUASI SISTEM KLORINASI PADA IPAL BARU
BANDARA ADI SOEMARMO-BOYOLALI

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



MUHAMMAD NUR FAUZI
17513081

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022

TUGAS AKHIR
EVALUASI SISTEM KLOORINASI PADA IPAL BARU
BANDARA ADI SOEMARMO-BOYOLALI

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



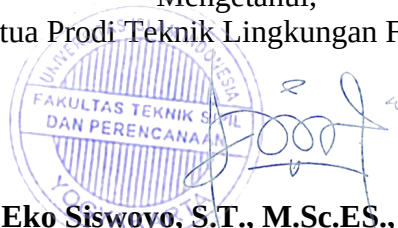
MUHAMMAD NUR FAUZI
17513081

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Elita Nurfitriyani Sulistyono, S.T., M.Sc.
NIK. 185130402
Tanggal:

Dr. Eng Awaluddin Nurmiyanto., S.T. M.Eng.
NIK. 095130403
Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Eko Siswono, S.T., M.Sc.ES., Ph.D
NIK: 025100406
Tanggal : 14 April 2022

HALAMAN PENGESAHAN

EVALUASI SISTEM KLORINASI PADA IPAL BARU BANDARA ADI SOEMARMO-BOYOLALI

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Rabu
Tanggal : 23 Maret 2022

Disusun Oleh:

MUHAMMAD NUR FAUZI
17513081

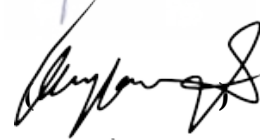
Tim Penguji :

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

Dr. Eng Awaluddin Nurmiyanto, S.T. M.Eng

Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.

()



()

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, 23 Maret 2022

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Nur Fauzi

NIM: 17513081

PRAKATA

Assalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah rabbil 'alamin rasa syukur luar biasa penulis haturkan kepada Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir tentang **Evaluasi Sistem Klorinasi di IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali**. Penyusunan laporan ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi Mahasiswa Program S1 Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis dapat menyelesaikan bukan tanpa sebab, semangat dan dorongan luar biasa dari berbagai pihak sangat membantu penulis, maka dari itu dengan segala hormat dan rasa syukur saya izinkan penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Ibu Elita Nurfitiyani Sulisty, S.T., M.Sc dan Bapak Dr. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing saya yang telah memberika dorongan semangat dan bimbingan selama ini.
2. Ketua Prgram Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.
3. Ibu Verika Fitri Andriana, Bang Irfa Darajat S.T, dan Irmay Syochwan S.T. beserta jajarannya di kantor Angkasa Pura 1 Bandara Adi Soemarmo-Boyolali-Boyolali yang telah membimbing saya dalam hal penyusunan laporan.
4. Kedua orang tua saya, Bapak Diyono dan Ibu Indasah yang selalu memberikan doa terbaik bagi anaknya serta nasihat yang luar biasa.
5. Kedua saudari saya, Kakak Tiya Puspa Devi serta Adik Nafisatul Muna Zahro yang telah membimbing dan mendoakan saya selama pengerjaan laporan tugas akhir.
6. Rekan-rekan kelompok tugas akhir saya, saudara Qolbi Romadhon Putra Santosa dan Muhammad Nur Fauzi yang memberikan dorongan selama proses pengerjaan laporan ini.

7. Sahabat-sahabat dan keluarga kecil saya di Teknik Lingkungan Angkatan 2017 yang telah memberikan dorongan semangat dalam proses menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
8. Semua pihak yang telah membantu saya dalam proses pengerjaan sehingga laporan ini dapat diselesaikan.
9. Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, for just being me at all times.

Atas segala kekurangan dan ketidaksempurnaan laporan tugas akhir ini, penulis sangat mengharapkan masukan, kritik, dan saran yang membangun, agar kedepannya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan baik.

Penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak dan segala amal baik yang telah diberikan mendapat balasan dari Allah SWT

Yogyakarta, 23 Maret 2022

Muhammad Nur Fauzi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

MUHAMMAD NUR FAUZI. Evaluasi Sistem Klorinasi di IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali. Dibimbing Oleh ELITA NURFITRIYANI SULISTYO, S.T., M.Sc. dan DR. AWALUDDIN NURMIYANTO, S.T., M.ENG

Layanan moda transportasi udara salah satunya Bandara Adi Soemarmo-Boyolali berkomitmen melakukan penanganan dan pengelolaan air limbah domestik untuk mencegah terjadinya pencemaran atau kerusakan. Dalam hal ini upaya pengelolaan yang dilakukan adalah dengan penggunaan Instalasi Pengeolaan Air Limbah (IPAL). Namun terdapat salah satu parameter yaitu *Total Coliform* yang melebihi baku mutu, hal ini terindikasi karena penggunaan konsentrasi klor untuk klorinasi yang belum sesuai. Berdasarkan dari permasalahan diatas maka perlu dilakukannya analisis sistem klorinasi untuk dilakukan evaluasi dan mengetahui dosis optimum kaporit menggunakan metode *Breakpoint Chlorination* (BPC) dengan analisa laboratorium titrasi iodometri. Kemudian untuk mengevaluasi sistem klorinasi, diperlukan data eksisting kemudian dibandingkan dengan kriteria desain, seperti waktu tinggal, luas unit, cara pembubuhan klorin, dan debit pembubuhan. Berdasarkan hasil penelitian, titik BPC paling efektif dari ketiga percobaan dengan waktu kontak yang berbeda (15, 30 dan 45 menit) titik BPC terdapat pada 2187,5 mL dengan waktu kontak 30 menit. Kemudian untuk mengetahui keefektifan konsentrasi klorin terhadap kematian mikroba, dilakukan analisis kinetika desinfeksi menggunakan hukum Chick Watson. Dari data tersebut keefektifan kematian mikroba dengan melihat residual klorin yang hanya sebesar 1 mg/L. Hal ini dapat dikatakan bahwa klorinasi menggunakan kaporit pada titik BPC cukup efektif membunuh mikroba.

Kata Kunci: *Breakpoint Chlorination* (BPC), Klorinasi, Unit Klorinasi, Evaluasi, Titrasi, Chick Watson Law

ABSTRACT

MUHAMMAD NUR FAUZI. *Evaluation of the Chlorination System at the New IPAL Adi Soemarmo-Boyolali Airport. Supervised by ELITA NURFITRIYANI SULISTYO, S.T., M.Sc. and DR. AWALUDDIN NURMIYANTO, S.T., M.ENG*

Adi Soemarmo-Boyolali Airport is a transportation services that is committed to handling and managing domestic wastewater to prevent pollution or damage. In this case, the management effort carried out is by using a Waste Water Management Installation (IPAL). However, there is one parameter, namely Total Coliform which exceeds the quality standard, this is indicated because the use of chlorine concentration for chlorination is not appropriate. Based on the problems above, it is necessary to analyze the chlorination system to evaluate and determine the optimum dose of chlorine using the Breakpoint Chlorination (BPC) method with iodometric titration laboratory analysis. Then to evaluate the chlorination system, existing data is needed and then compared with design criteria, such as residence time, unit area, method of affixing chlorine, and affixing discharge. Based on the results of the study, the most effective BPC point of the three experiments with different contact times (15, 30 and 45 minutes) was 2187.5 mL with a contact time of 30 minutes. Then to determine the effectiveness of chlorine concentration on microbial death, disinfection kinetics analysis was carried out using Chick Watson's law. From these data, the effectiveness of microbial death can be seen by looking at the residual chlorine which is only 1 mg/L. It can be said that chlorination using chlorine at the BPC point is quite effective in killing microbes.

Keywords: Breakpoint Chlorination (BPC), Chlorination, Chlorination Unit, Evaluation, Titration, Chick Watson Law

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup.....	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Limbah Cair.....	4
2.1.1 Perundang-undangan tentang Penerbangan terhadap Lingkungan.....	5
2.1.2 Peraturan Pemerintah tentang IPAL di Bandara.....	5
2.2 Klorinasi Pada Pengolahan Air Limbah.....	6
2.3 Kaporit.....	6
2.4 <i>Breakpoint Chlorination</i>	8
BAB III METODE PENELITIAN.....	12
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	12
3.2 Kerangka Pelaksanaan	14
3.3 Data Penelitian	15
3.3.1 Jenis Data	15
3.3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.4 Metode Penelitian.....	16
3.4.1 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel	16
3.4.2 Pengambilan Sampel.....	17
3.4.3 Uji Pengukuran Konsentrasi Klor Aktif dengan Iodometri	18
3.4.4 Prosedur Analisis Data	18

3.4.4.1	Kriteria Desain Unit Klorinasi.....	18
3.4.4.2	Penentuan Dosis Kaporit	18
3.4.4.3	Penentuan Dosis Kaporit menggunakan BPC	19
3.4.4.4	Analisis Data.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		22
4.1	Kondisi Umum IPAL Baru	22
4.2	Analisis Kualitas Air Limbah.....	24
4.2.1	Analisis Inlet IPAL	24
4.2.2	Analisis Outlet IPAL	25
4.3	Unit Klorinasi	32
4.3.1	Kriteria Desain Unit Klorinasi.....	33
4.3.2	Analisis <i>Breakpoint Chlorination</i> (BPC) secara Iodometri.....	34
4.4	Proses Klorinasi.....	38
4.5.1	Pembubuhan Klor	38
4.5.2	Prosedur Pembubuhan Klorin.....	40
4.5	Kinetika Desinfeksi	40
4.6	Identifikasi Masalah dan Rekomendasi.....	42
BAB V.....		43
KESIMPULAN DAN SARAN.....		43
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA		45
LAMPIRAN.....		48
RIWAYAT HIDUP.....		60

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan	16
Tabel 3. 2 Kriteria Desain Unit Klorinasi.....	18
Tabel 3. 3 Konsentrasi Penambahan Kaporit	19
Tabel 4. 1 Sumber Air Limbah Cair Bandara Adi Soemarmo-Boyolali	23
Tabel 4. 2 Karakteristik Inlet IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo- Boyolali	24
Tabel 4. 3 Karakteristik Outlet IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo- Boyolali	26
Tabel 4. 4 Konsentrasi mikoorganisme (N) untuk waktu kontak yang berbeda	41
Tabel 4. 5 Hubungan kinetika desinfeksi dengan waktu kontak	41
Tabel 4. 6 Identifikasi Masalah dan Rekomendasi	42

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1	Lokasi IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali	13
Gambar 3. 2	Kerangka Pelaksanaan Penelitian	14
Gambar 3. 3	Lokasi Pengambilan Sampel	17
Gambar 4. 1	Letak IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali	22
Gambar 4. 2	Layout IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali.....	23
Gambar 4. 3	Grafik Analisis pH pada outlet IPAL Baru.....	27
Gambar 4. 4	Grafik Analisis TSS pada outlet IPAL Baru.....	28
Gambar 4. 5	Grafik Ammonia pada outlet IPAL Baru.....	28
Gambar 4. 6	Grafik Analisis COD pada outlet IPAL Baru	29
Gambar 4. 7	Grafik Analisis BOD pada outlet IPAL Baru	30
Gambar 4. 8	Grafik Analisis Minyak dan Lemak pada outlet IPAL Baru	30
Gambar 4. 9	Grafik Analisis Total Coliform pada outlet IPAL Baru.....	31
Gambar 4. 10	Unit Klorinasi.....	32
Gambar 4. 11	Tampak Samping Unit Klorinasi	33
Gambar 4. 12	Grafik BPC dengan Waktu Kontak 15 menit	35
Gambar 4. 13	Grafik BPC dengan Waktu Kontak 30 menit	35
Gambar 4. 14	Grafik BPC dengan Waktu Kontak 45 menit	36
Gambar 4. 15	Skema Pembubuhan Kaporit	40
Gambar 4. 16	Grafik Penurunan Mikroba	42

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Laporan Hasil Uji IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo- Boyolali	48
Lampiran 2 Dokumentasi dan Pengujian Sampel	52
Lampiran 3 Perhitungan Konsentrasi Kaporit dan Residual Klorin.....	53
Lampiran 4 Perhitungan Debit	56
Lampiran 5 Perhitungan Kinetika Desinfeksi	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu aspek lingkungan yang penting dalam sebuah perindustrian seperti layanan transportasi udara adalah pengelolaan limbah cair. Air hasil olahan limbah harus memenuhi baku mutu secara fisik, kimia dan mikrobiologi. Menurut (Nugroho, 2004), kualitas air limbah domestik yang masuk ke Instalasi Pengolahan Air Limbah sangat berbahaya dikarenakan terdapat mikroorganisme yang dihasilkan dari kotoran manusia, salah satunya mengandung bakteri patogen.

Upaya pengelolaan kualitas air yang mengandung bakteri patogen salah satunya dengan cara kimiawi yaitu dengan penggunaan senyawa kimia. Senyawa kimia yang sering digunakan berupa *Calcium Hypochlorit* ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) atau biasa disebut kaporit. Penggunaan kaporit dengan cara klorinasi dapat membunuh dan mengurangi bakteri-bakteri yang ada di dalam air limbah. (Cita dan Andriyani, 2003) mengatakan, jika menggunakan kaporit sebagai desinfektan tidak bisa dilakukan dengan sembarang, harus sesuai dengan batas aman dan diperhatikan dengan baik dan benar. Dikarenakan apabila penggunaan kaporit dengan konsentrasi yang kurang dapat menyebabkan bakteri patogen tidak mati seluruhnya sehingga dapat melebihi baku mutu. Kemudian apabila konsentrasi kaporit yang lebih dapat berdampak bagi kesehatan dikarenakan masih adanya sisa klor.

Penggunaan kaporit lebih sering digunakan dikarenakan bahannya yang mudah didapatkan dan harganya yang cukup terjangkau, selain itu sifat kaporit yang mudah melarut dalam air juga menjadi salah satu alasan kenapa kaporit lebih sering digunakan. Klorinasi menggunakan kaporit cukup efektif karena kaporit merupakan senyawa yang dapat menginaktivasi bakteri patogen.

Layanan moda transportasi udara salah satunya Bandara Adi Soemarmo-Boyolali berkomitmen melakukan penanganan dan pengelolaan air limbah domestik untuk mencegah terjadinya pencemaran ataupun kerusakan lingkungan hidup agar sesuai dengan peraturan perundang-undangan dan Sistem Manajemen Lingkungan dengan ketentuan yang berlaku. Dalam hal ini upaya pengelolaan yang dilakukan adalah dengan penggunaan Instalasi Pengeolaan Air Limbah (IPAL). Namun terdapat salah satu

parameter yaitu *Total Coliform* yang melebihi baku mutu, hal ini terindikasi karena penggunaan konsentrasi klor untuk klorinasi yang belum sesuai.

Berdasarkan dari permasalahan diatas maka perlu dilakukannya Analisa untuk mengetahui dosis optimum kaporit menggunakan Analisa *Breakpoint Chlorination* (BPC).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, rumusan masalah dari penelitian ini adalah tingginya total coliform yang dihasilkan IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali. Oleh karena itu diperlukan penanganan untuk mengurangi tingginya total coliform dengan penentuan dosis optimum pembubuhan klorin pada IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali. Oleh karena itu berikut merupakan permasalahan pada penelitian ini:

1. Bagaimana sistem klorinasi pada IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali?
2. Bagaimana cara untuk menurunkan total coliform yang tinggi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengevaluasi sistem klorinasi pada IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali.
2. Penentuan dosis optimum klor menggunakan analisa breakpoint chlorination (BPC).

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Wilayah penelitian dilakukan di IPAL Baru Bandara Adi Seomarmo-Boyolali
2. Pengambilan sampel dilakukan pada unit Sedimentasi untuk menguji residu klor aktifnya.
3. Data Total Coliform didapatkan dari data internal Perusahaan Angkasa Pura 1 Bandara Adi Soemarmo-Boyolali

4. Pengujian sampel dilakukan pada Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Pengujian Breakpoint Chlorination (BPC) dengan menggunakan variabel:
 - a. Sampel air limbah : 20 sampel pada unit sedimentasi
 - b. Volume sampel air limbah : 25 mL/sampel
 - c. Penggunaan kaporit : 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 ; 3 ; 3,5 ; 4 ; 4,5 ; 5 ; 5,5 ; 6 ; 6,5 ; 7 ; 7,5 ; 8 ; 8,5 ; 9 ; 9,5 dan 10 mL
6. Lingkup penelitian ini untuk menentukan nilai BPC berdasarkan analisa skala laboratorium
7. Asumsi penelitian ini terletak pada penurunan nilai total coliform berdasarkan hasil dosis optimum klor menggunakan analisa breakpoint chlorination (BPC).
8. Evaluasi sistem klorinasi pada penelitian ini adalah unit klorinasi, kriteria desain, dan cara pembubuhan klorin.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan pihak Bandara Adi Soemarmo-Boyolali untuk mengoptimalkan IPAL Baru. Sehingga dapat meningkatkan efisiensi kebutuhan kaporit pada unit klorinasi dalam mengurangi nilai *Total Coliform* yang tinggi tanpa meninggalkan residu klor aktif yang lebih.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 58 Tahun 2016, air limbah domestik adalah air limbah berupa cair yang dihasilkan dari aktivitas makhluk hidup seperti manusia. Air limbah dapat berasal dari rumah tangga (*domestic*) maupun industri (*industry*).

Setiap aktivitas produksi dalam suatu industri selalu menghasilkan air buangan. Oleh karena itu diperlukan penanganan lebih lanjut secara tepat agar tidak mencemari lingkungan. Tchobanoglous (1991) memberikan batasan air limbah sebagai kombinasi dari cairan dan buangan-buangan cair yang berasal dari kawasan pemukiman, perkantoran, perdagangan serta industri yang mempunyai kemungkinan untuk bercampur dengan air tanah, air permukaan serta air hujan. Sedangkan menurut Ehlers and Steel dalam Haryoto Kusnoprutanto (1985) air limbah yaitu; *The liquid conveyed by sewer* (cairan yang dibawa oleh saluran air buangan). Berikut merupakan definisi air limbah dari berbagai sumber, sebagai berikut:

1. Pengertian Air Limbah (*Waste Water*)

Air limbah atau yang lebih dikenal dengan air buangan ini adalah merupakan :

- a. Limbah cair atau air buangan (*waste water*) adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, perdagangan, perkantoran, industri maupun tempat-tempat umum lainnya yang biasanya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan atau kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan hidup.
- b. Kombinasi dari cairan atau air yang membawa buangan dari perumahan, institusi, komersial, dan industri bersama dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan.
- c. Kotoran dari masyarakat dan rumah tangga, industri, air tanah/permukaan serta buangan lainnya (kotoran umum).
- d. Cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, perdagangan, perkantoran, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan biasanya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan-kehidupan

manusia serta mengganggu kelestarian hidup.

- e. Semua air/zat cair yang tidak lagi dipergunakan, sekalipun kualitasnya mungkin baik.

2. Limbah cair domestik adalah hasil buangan dari perumahan, bangunan perdagangan, perkantoran, dan sarana sejenisnya. Menurut Hammer (1997), volume limbah cair dari daerah perumahana bervariasi, dari 200 sampai 400 liter per orang per hari, tergantung pada tipe rumah. Aliran terbesar berasal dari rumah keluarga tunggal yang mempunyai beberapa kamar mandi, mesin cuci otomatis, dan peralatan lain yang menggunakan air. Angka volume limbah cair sebesar 400 liter/orang/hari bisa digunakan untuk limbah cair rumah tangga yang mencakup limbah cair dari perumahan dan perdagangan, ditambah dengan rembesan air tanah (*infiltration*).

3. Limbah cair Industri adalah buangan hasil proses/sisa dari suatu kegiatan/usaha industri yang berwujud cair dimana kehadirannya pada suatu saat dan tempat tidak dikehendaki lingkungannya karena tidak mempunyai nilai ekonomis sehingga cenderung untuk dibuang.

2.1.1 Perundang-undangan tentang Penerbangan terhadap Lingkungan

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan, pasal 10 ayat 6 poin g, menyebutkan bahwa bandara harus melakukan pembinaan untuk memenuhi perlindungan lingkungan dengan upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran yang diakibatkan dari kegiatan angkutan udara dan kebandarudaraan, dan pencegahan perubahan iklim, serta keuangan dan perbankan. Berdasarkan Undang-Undang tersebut, maka setiap bandara di Indonesia wajib melakukan perlindungan lingkungan.

2.1.2 Peraturan Pemerintah tentang IPAL di Bandara

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2012 tentang Pembangunan dan Pelestarian Lingkungan Hidup Bandar Udara, pasal 12 ayat 2 poin e mengenai kelestarian lingkungan. Sebagaimana yang dimaksud pada pasal tersebut merupakan izin lingkungan sesuai dengan peraturan perundang-undangan di bidang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.

Kementerian Perhubungan juga menyebutkan melalui Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 54 Tahun 2017 tentang pengelolaan limbah dan zat kimia pengoperasian pesawat udara dan bandar udara bahwa bandar udara merupakan kawasan yang dapat menghasilkan potensi penyumbang limbah dan zat kimia berupa sampah, air limbah dan limbah bahan berbahaya dan beracun (limbah B3) sehingga pada pasal 20 menyebutkan pengelolaan air limbah bandar udara harus memperhatikan beberapa hal yaitu, pengurangan air limbah, penyaluran air limbah, pengolahan air limbah, dan pembuangan air limbah.

2.2 Klorinasi Pada Pengolahan Air Limbah

Klorinasi merupakan proses menggunakan suatu bahan kimia yang bertujuan untuk mengurangi dan membunuh bakteri patogen dalam air. Menurut (Sawyer, C., et al, 2003) penggunaan klorin sebagai desinfektan harus melalui tahap perhitungan, tidak bisa dilakukan dengan sembarang dan harus sesuai dengan dosis yang tepat, dikarenakan apabila kurang tepat maka patogen dalam air tidak terinaktivasi dengan sempurna dan apabila dengan dosis lebih terdapat sisa klor.

Klorin sebagai bahan desinfektan biasanya berasal dari bahan kimia, bahan fisik dan mekanik, dan radiasi. Bahan kimia yang biasa digunakan adalah klorin, di mana unsur ionik terdapat dalam senyawa klorin. Desinfektan bahan fisik dapat diperoleh dari sinar matahari. Radiasi ultraviolet sangat berguna dalam mendisinfeksi air dalam jumlah kecil karena dapat membunuh molekul organik, otot dan serta organisme. Sterilisasi mekanis mengutamakan kebersihan air di kolam renang. Sedangkan sterilisasi dengan radiasi menggunakan sinar gamma pada metode sterilisasi (Tchobanoglous, G, 1991).

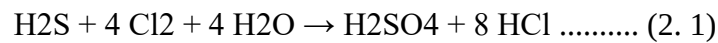
Klorin lebih sering digunakan dikarenakan terdapat pilihan dalam bentuk gas, larutan, dan bubuk. Kemudian klorin memiliki sifat larut yang tinggi, harga yang relative murah, dan sangat efisien untuk membunuh mikroorganisme. Maka dari itu klorin menjadi salah satu pilihan utama dalam klorinasi.

2.3 Kaporit

Kaporit sebagai desinfektan yang sering digunakan berbentuk kering, basah atau larutan. Dalam bentuk kering, kaporit berupa serbuk atau butiran, tablet atau pil. Dalam bentuk basah biasanya kaporit kering dilarutkan dengan aquades kemudian digunakan

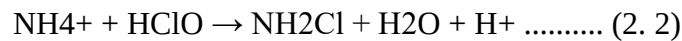
sesuai dengan kebutuhan.. Menurut (Wibowo dkk, 2013), mengatakan bahwa bubuk pemutih $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ memiliki aktivitas normal $\pm 70 \%$. Kaporit dalam bentuk butiran atau pil dapat cepat larut dalam air dan penyimpanannya ditempat kering yang jauh dari bahan kimia yang mengakibatkan korosi, dalam kondisi atau temperatur rendah, relatif stabil. Kaporit merupakan bahan yang mudah dicari, mudah penggunaannya, terjangkau oleh masyarakat umum (Tchobanoglous et al, 1991 dalam Herawati dan Yuntarso, 2017).

Kaporit atau dengan nama ilmiahnya *calcium hypochlorite* dengan rumus kimia $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. Pada proses klorinasi, sebelum menjadi desinfektan klorin berperan sebagai oksidator, persamaan reaksinya :



Kemudian setelah terpenuhinya kebutuhan klorin untuk mengoksidasi, klorin yang telah ditambahkan akan menjadi desinfektan. Selanjutnya gas klor bereaksi dengan air, dengan persamaan :

Jika terdapat ammonia :



Monokloramin



Dikloramin

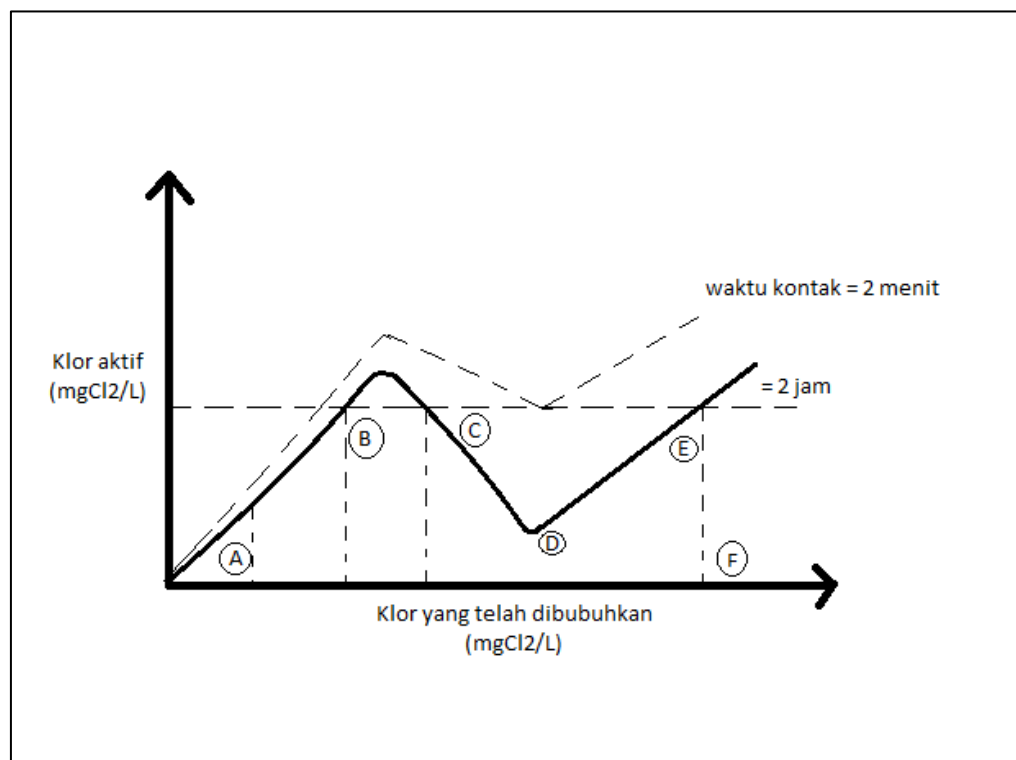


Nitrogen triklorida

Konsentrasi PH juga mempengaruhi reaksi kesetimbangan. Misalnya pada pH 2, klor berada dalam bentuk klorin (Cl_2); pada pH 2-7 , klor kebanyakan terdapat dalam bentuk HOCl ; sedangkan pada pH 7,4 klor tidak hanya terdapat dalam bentuk HOCl tetapi juga dalam bentuk ion OCl^- . Pada kadar klor kurang dari 1.000 mg/l, semua klor berada dalam bentuk ion klorida (Cl^-) dan hipoklorit (HOCl) ,atau terdisosiasi menjadi H^+ dan OCl^- .

2.4 Breakpoint Chlorination

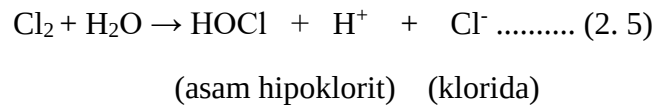
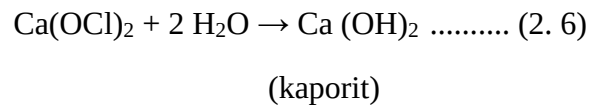
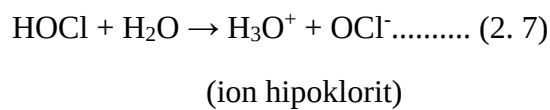
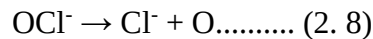
Breakpoint Chlorination (BPC) merupakan pentuan jumlah optimum klor untuk bereaksi dengan semua zat yang ada di air sehingga zat menjadi teroksidasi. Menurut (Alaert & Santika, 1984) proses lain yang diikuti dengan BPC adalah pembentukan gas N_2 terbentuk dari klor berlebih pada kloramin sehingga jumlah klor bebas mengalami penurunan dan masih adanya residu klor. Dengan kata lain, jumlah klor yang dibutuhkan untuk membunuh dan mengurangi bakteri pathogen adalah jumlah residu setelah terjadinya *Breakpoint Chlorination* (BPC). Berikut merupakan grafik yang menunjukkan BPC.



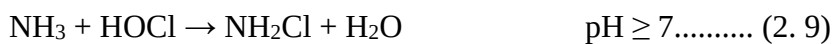
Gambar 2. 1 Grafik Klorinasi dengan *Breakpoint Chlorination*

- (A) = Oksidasi zat pereduksi
 - (B) = Kloramin terbentuk
 - (C) = Gas N_2 terbentuk
 - (D) = Breakpoint
 - (E) Klor Aktif = $(HOCl^-) + (OCl^-) + (Cl_2) + (NH_2Cl) + (NHCl_2)$
 - (F) Dosis klor untuk pembasmian kuman
- (Alaert dan Sumestri, 1987)

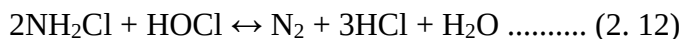
Dari **Gambar 2.2** pada saat kaporit dibubuhkan ke air limbah terdapat reaksi antara klor dengan ion H^+ dan radikan OH^- dalam air.



Menurut (Lestari, dkk. 2008) Ion Klorida (Cl^-) adalah ion yang tidak aktif, sedangkan Cl_2 , $HOCl$, dan OCl merupakan bahan aktif. Bahan pembasmi bakteri yang paling efisien berasal dari Asam Hipoklorit ($HOCl$) yang tidak terurai. Disisi lain, klor dapat bereaksi dengan senyawa kimia lain yang dapat dioksidasi contohnya amoniak. Zat amoniak (NH_3) yang ada pada air akan bereaksi dengan klor (asam hipoklorit) dan membentuk monokloramin, dikloramin, dan trikloramin (poin **B** pada **Gambar 2.2**).



Apabila dalam kandungan air limbah cukup banyak mengandung amonia (NH_3) maka NH_2Cl cukup stabil dan apabila NH_2Cl kelebihan klor maka akan pecah dan terbentuklah gas N_2 .



Menurut (Spellman, 2003) Monokloramin dapat terbentuk lebih cepat dibandingkan dengan dikloramin dan trikloramin, maka dari itu waktu kontak menjadi sangat penting. Kemungkinan monokloramin teroksidasi cukup kecil dibandingkan dengan klor karena monokloramin bereaksi lambat terhadap zat organik sehingga dapat mereduksi jumlah

THMs yang terbentuk. Menurut (Alaert dan Sumestri, 1987) klor yang terdapat pada air sebagai kloramin disebut klor tersedia terikat. $|\text{Cl}_2| + |\text{OCl}^-| + |\text{HOCl}|$ disebut klor tersedia bebas. Klor aktif dalam larutan didapatkan dari klor tersedia bebas ditambah klor tersedia terikat.

Asam hipoklorit (HOCl) dan hipoklorit (OCl^-) merupakan zat pembunuh mikroorganisme. Klor yang dibubuhkan ke dalam air akan bereaksi dengan senyawa inorganik dan organik yang kemudian berfungsi sebagai desinfektan (Spellman, 2003).

Asam hipoklorit (HOCl) merupakan senyawa desinfektan yang bersifat lebih reaktif dibandingkan dengan OCl^- . Mikroorganisme patogen seperti bakteri mengalami kematian dikarenakan klor dapat memecah struktur kimia enzim, bahkan dapat merusaknya. Pada saat klorin berkontak dengan enzim mikroorganisme, atom hidrogen akan berubah menjadi ion klor. Dengan hal itu ikatan kimia pada enzim berubah atau bahkan putus.

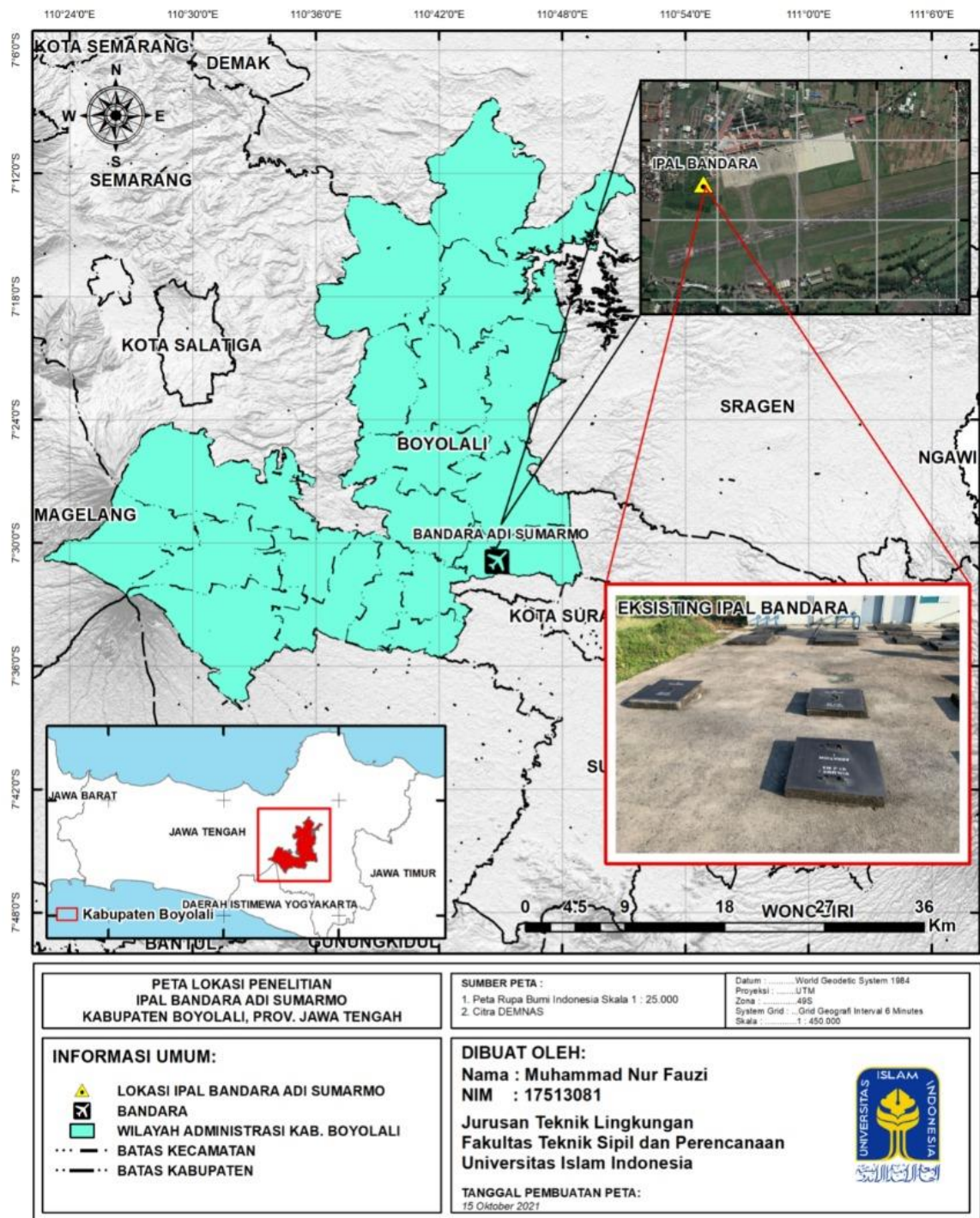
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

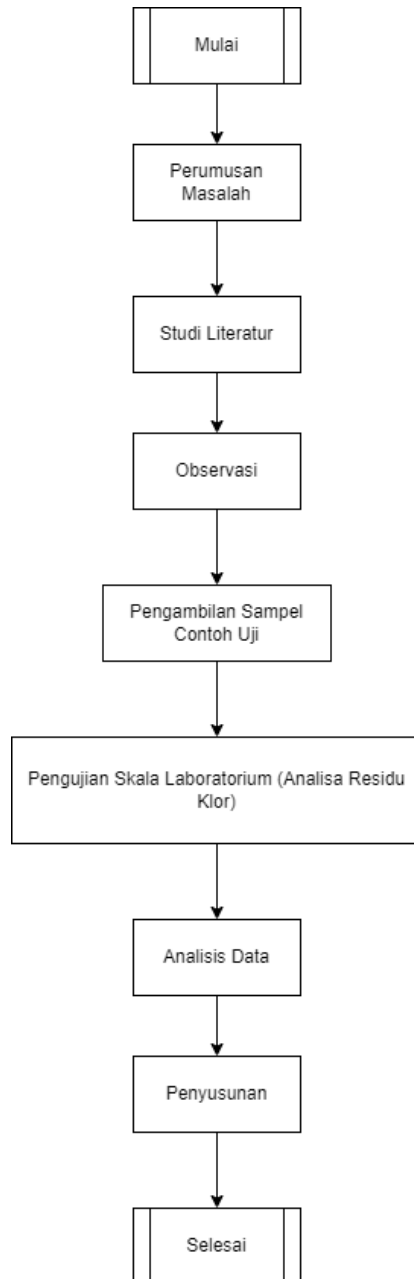
Waktu untuk penelitian direncanakan selama 6 bulan terhitung sejak April hingga Oktober 2021 berbarengan dengan *On Job Training* (OJT). Lokasi penelitian dilaksanakan di Bandara Adi Soemarmo-Boyolali yang terletak di Jalan Cendrawasih, Sindoh I, Ngesrep, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. Pengambilan sampel air limbah dilakukan pada Instalasi Air Limbah (IPAL) Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali. Analisa sisa residu klor dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan-UII.



Gambar 3. 1 Lokasi IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali

3.2 Kerangka Pelaksanaan

Dalam melaksanakan penelitian terhadap tahapan-tahapan ini untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, Berikut pada **Gambar 3.2** merupakan tahapannya:



Gambar 3. 2 Kerangka Pelaksanaan Penelitian

3.3 Data Penelitian

3.3.1 Jenis Data

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder, kemudian dari kedua data tersebut diolah untuk mendapatkan tujuan penelitian. Berikut merupakan dua data yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Data Primer

a. Konsentrasi Optimum Klorin

Konsentrasi optimum klorin pada penelitian ini didapatkan dari analisis laboratorium dengan menggunakan prinsip kerja **Titrasi Iodometri** dengan mengacu peraturan dari **Petunjuk Teknis Pt-T-28-2000-C** yang berjudul **Tata Cara Pembubuhan Kaporit Pada Unit IPA**. Kemudian setelah dilakukan analisis laboratorium, data yang diperoleh diolah dengan *Breakpoint Chlorination* (BPC) untuk menentukan konsentrasi klornya.

2. Data Sekunder

Penelitian ini juga menggunakan data sekunder yang didapatkan dari studi literatur, data internal Perusahaan dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini.

Berikut merupakan data sekunder yang peneliti dapatkan dari data perusahaan:

- a. Laporan Hasil Uji Inlet dan Outlet IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali
- b. Data Inventarisasi Sumber Air Limbah IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali.
- c. DED IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali.
- d. Neraca Massa IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali.
- e. Data Debit IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali Tahun 2021.
- f. Titik Koordinat IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali.
- g. Dosis dan Jenis klorin yang digunakan pada IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali.

3.3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan digunakan untuk menunjang penelitian dalam hal pengambilan dan pengujian sampel. Berdasarkan data yang sudah uraikan terdapat analisis pengujian konsentrasi klor. Berikut merupakan alat dan bahannya:

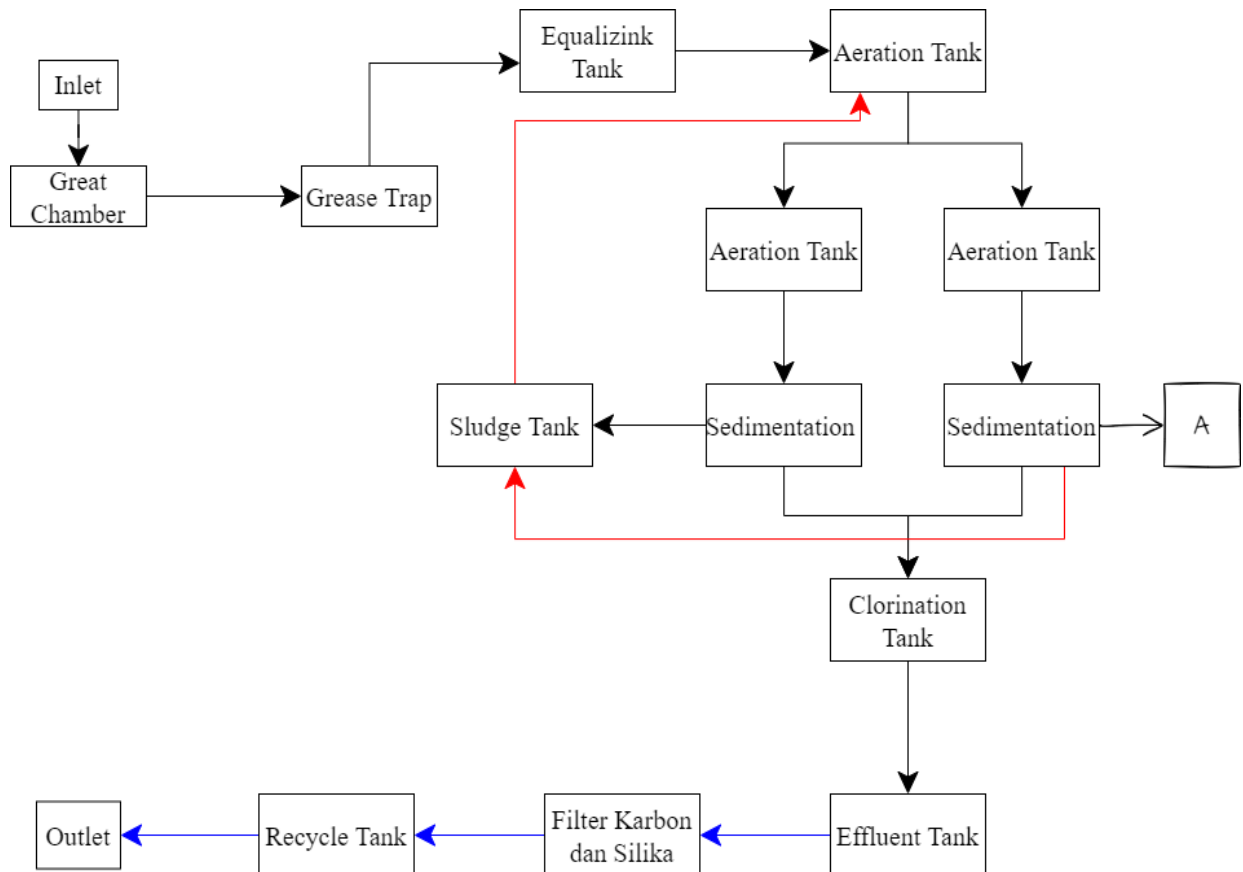
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan

Alat Bahan Pengambilan dan Pengujian				
No	Alat	Jumlah	Bahan	Konsentrasi
1	Kamera	1	Sampel Air Limbah	500 mL
2	Ember+Tali	1	Kaporit 10 gram/L	10 gram/L
3	Botol Sampel	3	Asam Asetat Glacial	50 mL
4	Ice Box	1	Kristal KI	20 gram
5	Erlenmeyer 100 ML	20	Larutan Amilum	30 mL
6	Gelas Beaker 500 mL	1	Larutan Na ₂ S ₂ O ₃ 0,0093 N	200 mL
7	Pipet Ukur 25 mL	1		
8	Pipet Ukur 10 mL	1		
9	Pipet Tetes	1		
10	Buret	1		
11	Cawan Petri	1		
12	Karet Hisap	1		

3.4 Metode Penelitian

3.4.1 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel penelitian dilakukan di unit klorinasi IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali. Berikut merupakan lokasi pengambilannya:



Gambar 3. 3 Lokasi Pengambilan Sampel

Penentuan titik penelitian ini difokuskan pada Titik A yaitu pada bak sedimentasi yang dimana pada titik ini belum dilakukan proses klorinasi sehingga nilai coliform nya masih cukup tinggi.

3.4.2 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air dilakukan dengan metode *grab sampling* yang dimana pengambilannya dilakukan pada satu titik lokasi yang mengacu dari **SNI 6989.59:2008** tentang **Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah**. Pengambilan sampel dilakukan pada titik permasalahan yang terjadi pada IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali yang dimana Coliform masih tinggi. Pengambilan sampel menggunakan botol kaca yang diambil langsung di unit klorinasi IPAL, kemudian dilakukan pengujian sampel di laboratorium.

3.4.3 Uji Pengukuran Konsentrasi Klor Aktif dengan Iodometri

Kaporit (Ca(OCl)_2) berjenis bubuk yang kemudian dilarutkan dengan sebanyak 5 gram dilarutkan ke dalam aquades 500 mL untuk menghasilkan dosis kaporit sebesar 10 gram/L. Larutan kaporit diambil sebanyak konsentrasi kaporit yang diinginkan ke dalam sampel. Kemudian ditambahkan asam asetat glacial 2,5 mL dan larutan KI sebanyak 1 sendok spatula, kemudian ditetesi indikator amilum sebanyak 3 tetes. Kemudian berubah menjadi warna kuning kecoklatan. Setelah itu, sampel dititrasi dengan Natrium Thiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,0093 N hingga warna kuning menghilang. Volume larutan Natrium Thiosulfat yang dibutuhkan dicatat kemudian dilakukan perhitungan kadar residual klorin

3.4.4 Prosedur Analisis Data

3.4.4.1 Kriteria Desain Unit Klorinasi

Bak klorinasi berfungsi sebagai bak untuk membunuh mikroorganisme patogen yang ada pada air limbah dengan menggunakan desinfektan. Senyawa desinfektan yang sering digunakan yaitu *calcium hypochlorite* atau *sodium hypochlorite*. Berikut merupakan kriteria desain dari bak klorinasi sebelum dilakukan perbandingan dengan nilai aktualnya.

Tabel 3. 2 Kriteria Desain Unit Klorinasi

Kriteria Perencanaan Bak Klorinasi			
Kriteria	Nilai	Satuan	Sitasi
Waktu detensi	30-120	menit	(Metcalf, Eddy, 2003)
Dosis Klorin	2-8	mg/L	(Qasim, 1985)
Kecepatan Aliran	2-4,5	m/menit	(Metcalf, Eddy, 2003)
Rasio p dan l	20-40 :1		(Metcalf, Eddy, 2003)

3.4.4.2 Penentuan Dosis Kaporit

Setelah diketahui konsentrasi klor aktif pada titik 3.4.3, maka dapat dihitung volume larutan kaporit yang dibubuhkan ke dalam sampel dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$N1 \times V1 = N2 \times V2 \dots \dots \dots (3. 1)$$

Keterangan:

N_1 = Konsentrasi kaporit awal

V_1 = Volume kaporit awal

N_2 = Konsentrasi kaporit akhir

V_2 = Volume kaporit akhir

3.4.4.3 Penentuan Dosis Kaporit menggunakan BPC

Penentuan dosis kaporit menggunakan analisis BPC secara iodometri, sebanyak 20 erlenmeyer dimasukkan 25 mL sampel air limbah kemudian ditambah kaporit dengan konsentrasi 10 gram/L sesuai dengan konsentrasi pada Tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3. 3 Konsentrasi Penambahan Kaporit

No	Kaporit (ml)	No	Kaporit (ml)
1	0,5	11	5,5
2	1	12	6
3	1,5	13	6,5
4	2	14	7
5	2,5	15	7,5
6	3	16	8
7	3,5	17	8,5
8	4	18	9
9	4,5	19	9,5
10	5	20	10

Kemudian sampel ditutup dan didiamkan selama 30 menit. Setelah itu ke-20 sampel pada erlenmeyer ditambahkan 25 mL larutan asam asetat glasial, 1 spatula kristal KI dan 3 tetes larutan amilum. Setelah itu dilakukan titrasi dengan larutan thiosulfat sampai warna kuning berubah menjadi bening dan catat kebutuhan volume titran.

Pembuatan grafik BPC menggunakan data konsentrasi kaporit akhir dan residual klorin yang kemudian dari data tersebut dapat ditentukan dosis optimum kaporit. Nilai residual klorin dihitung dari penggunaan jumlah larutan titran dengan rumus (Shovitri, 2011):

$$\text{Residual Klorin} = \frac{1000}{25 \text{ ml}} \times \text{Volume Titrasi} \times 0,0093 \text{ N} \times 35,45 \dots\dots\dots (3. 2)$$

Nilai dari residual klorin dari perhitungan diatas akan dimuat dalam bentuk grafik yang kemudian untuk menentukan titik *Breakpoint Chlorination* (BPC).

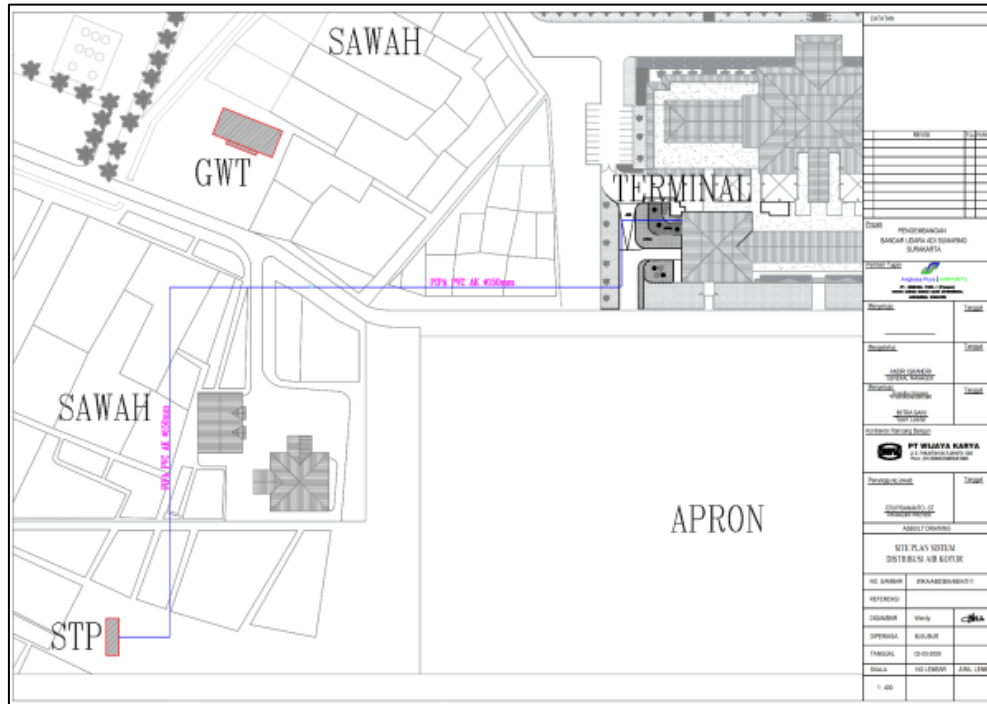
3.4.4.4 Analisis Data

Data yang akan dianalisis pada penelitian ini adalah data dari data primer dan data sekunder. Data primer berupa data penentuan dosis optimum klor dengan pengujian di laboratorium dengan metode iodometri serta data dimensi unit klorinasi IPAL Baru. Data sekunder berupa data dimensi unit klorinasi IPAL Baru untuk dan hasil wawancara dengan petugas perusahaan. Kedua data tersebut kemudian akan dianalisis untuk mengevaluasi unit klorinasi di IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Umum IPAL Baru



Gambar 4. 1 Letak IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali

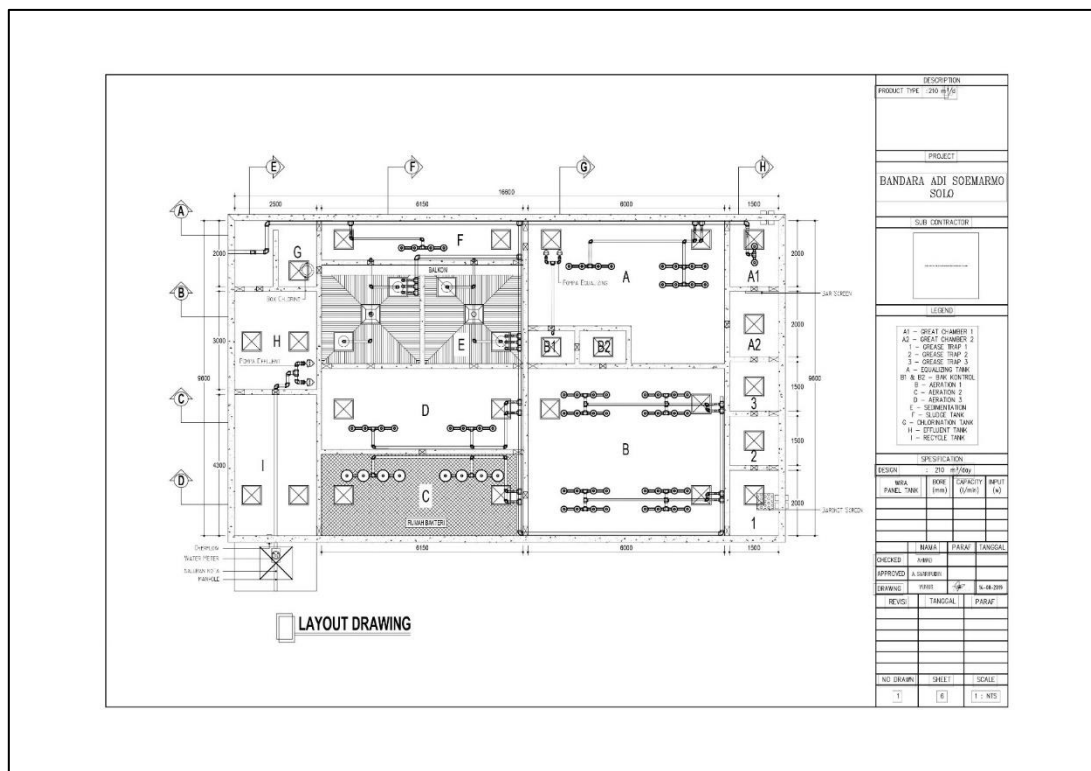
Sebagian besar limbah cair yang ditampung pada IPAL Bandara Adi Soemarmo-Boyolali dihasilkan dari aktivitas bandara seperti toilet, tempat makan, café, toko-toko, serta kantor maupun gedung yang ada di area terminal bandara. Karakteristik limbah cair yang ada di Bandara Adi Soemarmo-Boyolali berupa limbah domestic karena bandara merupakan layanan publik yang berkaitan langsung dengan aktivitas manusia.

Pengelolaan limbah cair di Bandara Adi Soemarmo-Boyolali menggunakan IPAL, yang dimana sekarang ini bandara Adi Soemarmo mempunyai 2 IPAL, yaitu IPAL baru dan IPAL lama, hanya saja tidak semua limbah dimasukkan ke IPAL. Berdasarkan hasil wawancara langsung, terdapat indikasi bahwasannya air limbah dari terminal tercampur dengan air hujan sebelum masuk ke IPAL, berikut adalah tabel sumber air limbah yang ada di Bandara Adi Soemarmo-Boyolali.

Tabel 4. 1 Sumber Air Limbah Cair Bandara Adi Soemarmo-Boyolali

Identifikasi Sumber Air Limbah		
No	Lokasi	Pengolahan
1	Terminal Bandara Lama	IPAL
2	Terminal Bandara Baru	IPAL
3	Stasiun Kereta Api Bandara	Septictank
4	Gedung Administrasi	Septictank
5	Gedung PK-PPK	Septictank
6	Gedung Powerhouse	Septictank
7	Lavatory Pesawat	Septictank
8	Gedung Aset dan Gudang	Septictank
9	Gedung Empu	Septictank

IPAL baru hanya menerima limbah dari Terminal baru Bandara Adi Soemarmo yang dimana limbah domestiknya berasal dari toilet terminal yang dimana lantai satu terdapat dua toilet besar, lantai dua terdapat satu toilet besar, dan lantai 3 terdapat satu toilet besar. Berikut merupakan layout IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali.



Gambar 4. 2 Layout IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali

4.2 Analisis Kualitas Air Limbah

Analisis dilakukan pada inlet IPAL Baru yakni karakteristik. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder dari perusahaan Angkasa Pura 1 Bandara Adi Soemarmo-Boyolali-Boyolali, data yang digunakan merupakan data per bulan selama tahun 2021 untuk outlet sedangkan inlet data bulan juni tahun 2021 yang meliputi pH, TSS, BOD, COD, Ammonia, Minyak Lemak dan Total Coliform Sesuai dengan standar dari **Permen LHK Nomor 68 Tahun 2016**. Sedangkan untuk parameter klorin dilakukan analisis laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, pengujian dilakukan selama 3 hari.

4.2.1 Analisis Inlet IPAL

Limbah di Bandara Adi Soemarmo-Boyolali terdapat tiga jenis yakni limbah cair, limbah padat, dan emisi. Limbah padat meliputi kemasan, wadah, plastic dari aktivitas kantor dan pengunjung bandara. Sedangkan untuk emisi berasal dari aktivitas pesawat. Ketiga jenis limbah ini bersumber dari aktivitas sarana dan prasaran di Bandara Adi Soemarmo-Boyolali-Boyolali.

Limbah cair di Bandara Adi Soemarmo-Boyolali dilakukan diolah di instalasi pengolahan air limbah. Dikarenakan penelitian ini difokuskan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) baru, hanya saja IPAL baru hanya menerima limbah dari Terminal Baru Bandara.

Air limbah yang masuk di IPAL baru merupakan air limbah yang dihasilkan di Terminal baru, berupa domestic yang nantinya terdapat saluran yang menghubungkan antara terminal baru dengan IPAL sebelum dilakukan pengolahan,

Nilai karakteristik inlet IPAL baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali-Boyolali didapat dari data perusahaan melalui pengukuran laboratorium pihak ketiga. Nilai karakteristik inlet IPAL Baru Bandara Adi Somarmo sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Karakteristik Inlet IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali

INFLUENT	Tanggal: 04 Juni 2021			
No	Parameter	Hasil Pengujian	Satuan	Standar
1	pH	7,1	-	6-9

INFLUENT	Tanggal: 04 Juni 2021			
No	Parameter	Hasil Pengujian	Satuan	Standar
2	BOD	31	mg/L	10
3	COD	115	mg/L	100
4	TSS	9	mg/L	30
5	Ammonia	1,01	mg/L	10
6	Minyak dan Lemak	2,38	mg/L	5
7	Total Coliform	16000	Jml/100 mL	3000

Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 4 Juni 2021 dengan pengujian dilakukan pada tanggal 7 Juni 2021. Nilai pH yang didapat 7,1 yang nilainya berada dikisaran standar 6-9, BOD sebesar 31 dimana nilainya melebihi standar yaitu 30, COD sebesar 115 yang dimana nilainya melebihi standar yaitu 100, TSS sebesar 9 yang dimana nilainya masih dibawah standar yaitu 30 sehingga dapat dikatakan aman, Ammonia sebesar 1,01 yang dimana nilainya dapat dikatakan aman karena standarnya yakni 10, Minyak dan lemak sebesar 2,38 yang dimana nilainya dapat dikatakan aman karena standarnya yaitu 5, dan Total coliform mendapatkan nilai sebesar 16000 yang dimana sangat jauh melebihi standar yang bernilai 3000.

Berdasarkan tabel, dapat dilihat bahwa dari tujuh parameter terdapat 3 parameter yang nilainya melebihi standar yaitu BOD, COD, dan Total Coliform

4.2.2 Analisis Outlet IPAL

Air limbah yang keluar dari IPAL tetap harus memenuhi standar buangan yang telah ditetapkan dikarenakan kandungan-kandungan air limbah yang tidak sesuai dapat merusak lingkungan. Maka dari itu sebelum air limbah dibuang perlu mengetahui karakteristik yang dimana nantinya akan dibandingkan dengan standar yang berlaku, untuk standar yang digunakan merupakan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016.

Permen LHK Nomor 68 Tahun 2016 digunakan untuk baku mutu air limbah domestic yang dimana terdapat parameter yang harus dipenuhi yakni pH, TSS, Ammonia, COD, BOD, Minyak Lemak, dan Total Coliform. Untuk nilainya yaitu pH

antara 6 sampai 9, TSS sebesar 30, Ammonia sebesar 10, COD sebesar 100, BOD sebesar 30, Minyak lemak sebesar 5, dan Total Coliform sebesar 3000. Peraturan ini dijadikan standar untuk mengevaluasi outlet IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali. Setelah dilakukan pengujian kualitas outlet IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali rata-rata sudah sesuai dengan baku mutu yang sudah ditentukan. Nilai pH sebesar 6,84, TSS sebesar 9,50, Ammonia sebesar 0,13, COD sebesar 44,89, BOD sebesar 11,13, Minyak Lemak sebesar 2,39, dan Total Coliform sebesar 2188,88. Walaupun rata-rata sudah memenuhi baku mutu, total coliform pada bulan juni sangat melebihi baku mutu yaitu sebesar 16000. Karakteristik outlet IPAL dapat dilihat pada **Tabel 4.3** yang didapat dari logsheet Bandara Adi Soemarmo-Boyolali.

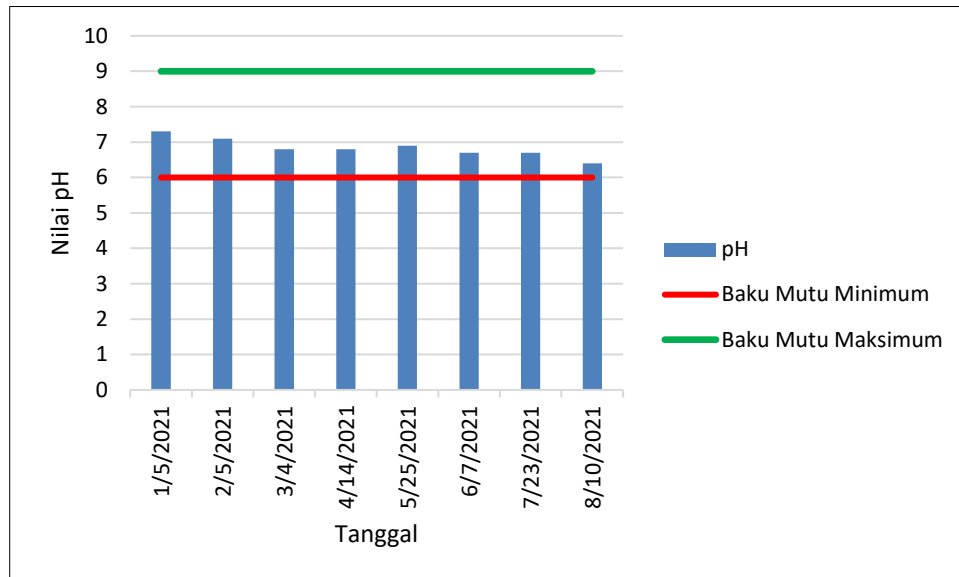
Tabel 4. 3 Karakteristik Outlet IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali

Tanggal	pH	TSS	Ammonia	COD	BOD	Minyak Lemak	Total Coliform
05/01/2021	7,3	9	0,07	42,9	4	2,38	940
05/02/2021	7,1	13	0,18	89,7	19	2,47	23
04/03/2021	6,8	9	0,07	14,3	4	2,38	2
14/04/2021	6,8	9	0,16	16	4	2,38	540
25/05/2021	6,9	9	0,07	38,2	16	2,38	2
07/06/2021	6,7	9	0,32	57,3	16	2,38	16000
23/07/2021	6,7	9	0,07	33,5	6	2,38	2
10/08/2021	6,4	9	0,07	67,2	20	2,38	2
Standar Deviasi	0,25	1,32	0,08	24	6,77	0,03	5230,28
Baku Mutu	9	30	10	100	30	5	3000

Sumber: Bandara Adi Soemarmo-Boyolali-Boyolali

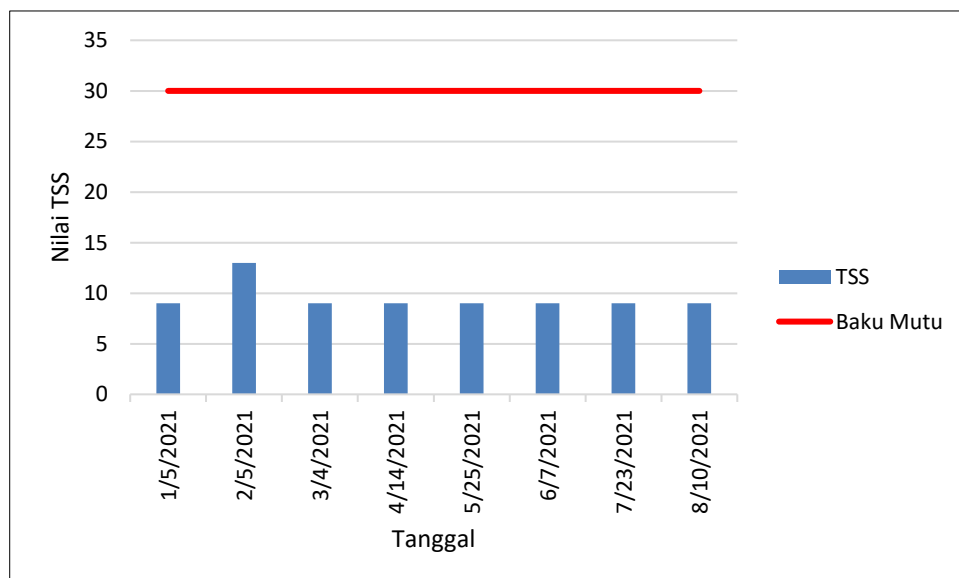
pH atau derajat keasaman berpengaruh terhadap aktivitas metabolisme mikroorganisme dalam air serta kondisi terlalu asam atau terlalu basa dapat mempengaruhi pengolahan secara biologis, rentang pH yang sesuai yaitu antara 6 sampai 9. Maka dari itu pengontrolan terhadap nilai pH harus tetap dilakukan. Nilai pH

pada outlet IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali selama delapan bulan dapat dilihat pada Gambar 4.1 yang dimana nilainya sudah sesuai dengan standar yang berlaku.



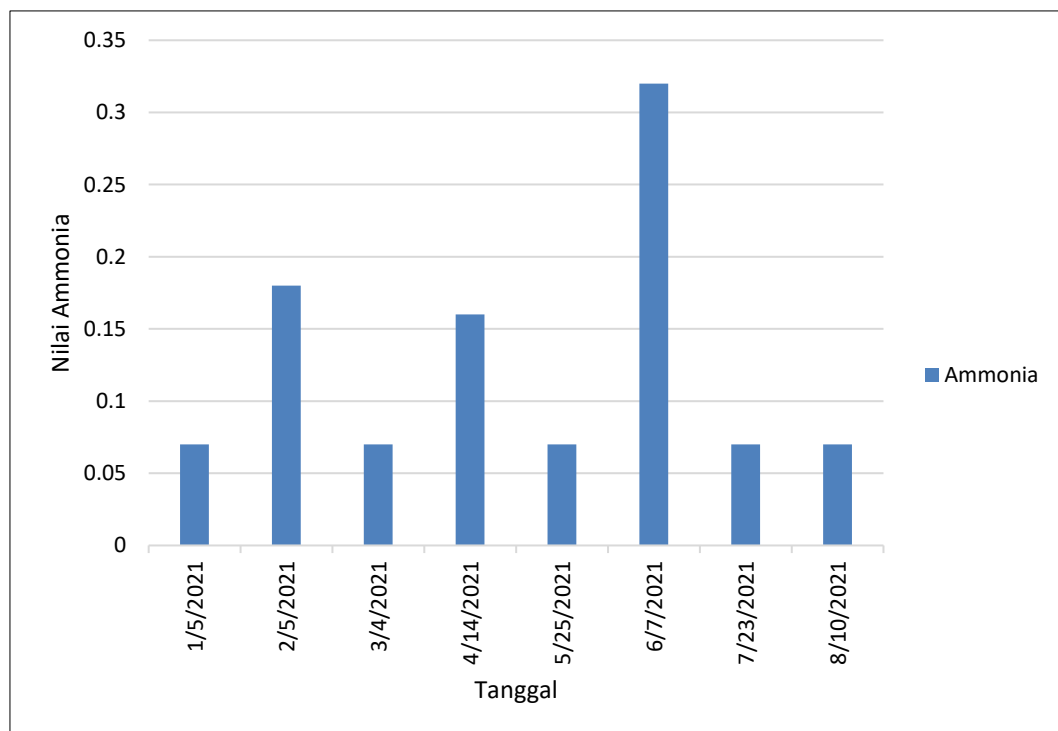
Gambar 4. 3 Grafik Analisis pH pada outlet IPAL Baru

Total Suspended Solid merupakan padatan yang tertahan pada air yang dimana berupa organik dan anorganik yang biasanya diukur dengan kertas saring. Berdasarkan data yang telah didapat dapat disimpulkan bahwa Total Suspended Solid pada outlet IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali memenuhi standar yang sudah ada. Kadar TSS yang diperbolehkan adalah dibawah 30 dikarenakan apabila nilai TSS tinggi dapat berpengaruh kepada bahan organik yang membutuhkan oksigen (Pardamean, 2017).



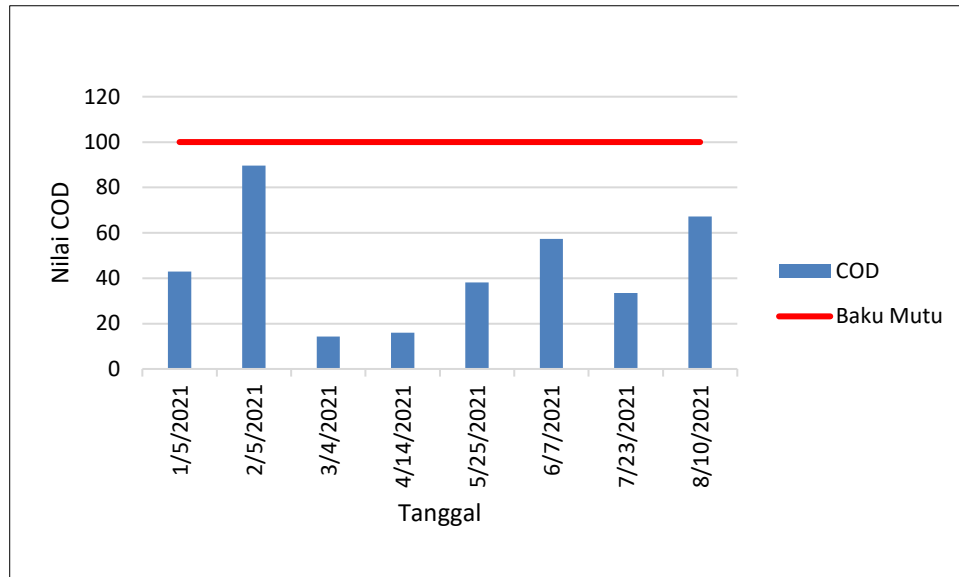
Gambar 4. 4 Grafik Analisis TSS pada outlet IPAL Baru

Ammonia adalah senyawa kimia berbentuk gas yang tidak berwarna dengan indikator pencemaran berupa kebauan. Kandungan ammonia terjadi karena dekomposisi bahan organik oleh mikroba jamur, pada IPAL domestik ammonia bersumber dari biota akuatik seperti tinja. Dari data yang sudah didapatkan, kadar ammonia pada outlet IPAL Bandara Adi Soemarmo-Boyolali selama 8 bulan cenderung kecil yang dimana nilai ammonia pada IPAL tidak boleh melebihi dari **10 mg/L** sesuai dengan standar baku mutu yang sudah ditetapkan.



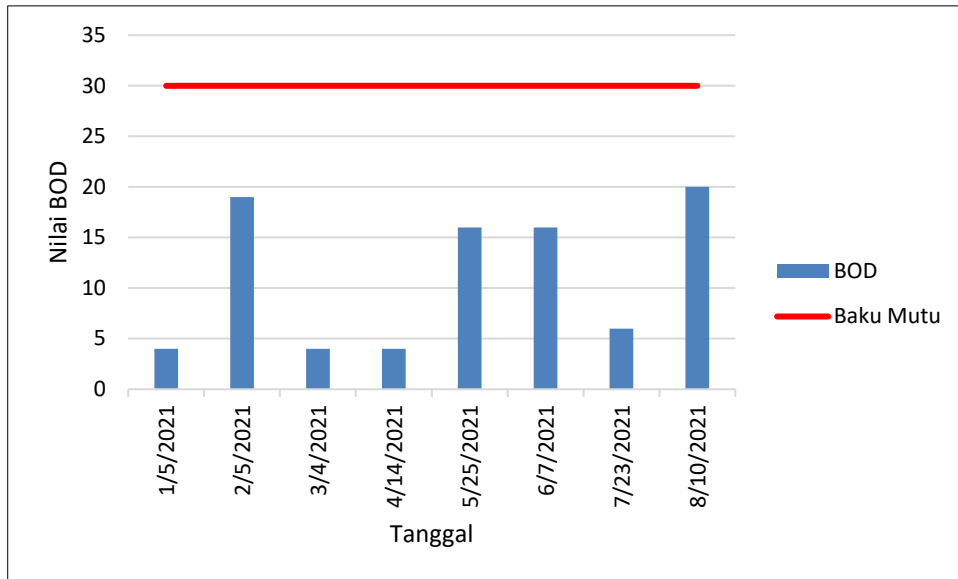
Gambar 4. 5 Grafik Ammonia pada outlet IPAL Baru

COD merupakan kebutuhan oksigen yang dibutuhkan pada air limbah untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi. COD juga mempengaruhi jumlah pencemar zat organik kemudian berakibat pada kurangnya jumlah oksigen terlarut tergantung dengan besar kecilnya kadar COD. Berdasarkan **gambar 4.5** dapat dilihat bahwa nilai outlet selama delapan bulan masih dibawah standar, tetapi terdapat nilai COD yang cukup tinggi yaitu pada bulan Februari dan bulan Agustus. Nilai COD tinggi disebabkan masih adanya endapan yang terbawa sampai ke outlet IPAL.



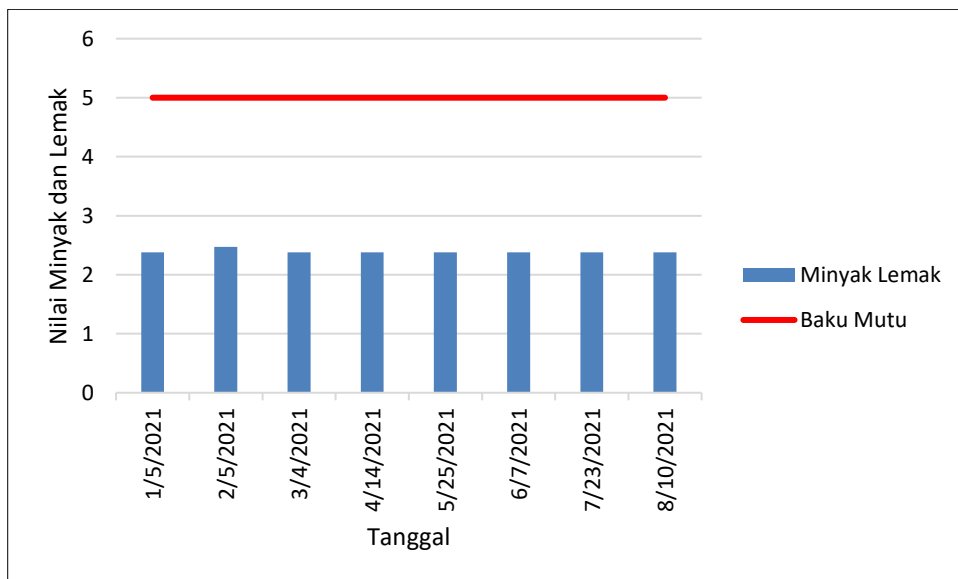
Gambar 4. 6 Grafik Analisis COD pada outlet IPAL Baru

BOD atau *Biological Oxygen Demand* Merupakan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh bakteri atau mikroorganisme untuk mengurai organik yang ada di air dengan proses aerobik. Dari data yang sudah didapat, nilai BOD pada outlet IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali tidak ada yang melebihi baku mutu yang sudah ada, yaitu 100 mg/L. Namun, pada bulan Februari dan bulan Agustus nilai BOD nya cenderung tinggi. Nilai BOD tinggi dikarenakan pada waktu tertentu kandungan dalam air mengandung zat organik yang cukup banyak. Dalam hal ini dapat dikatakan sudah tidak membahayakan apabila dibuang ke lingkungan akan tetapi masih perlu untuk dipantau.



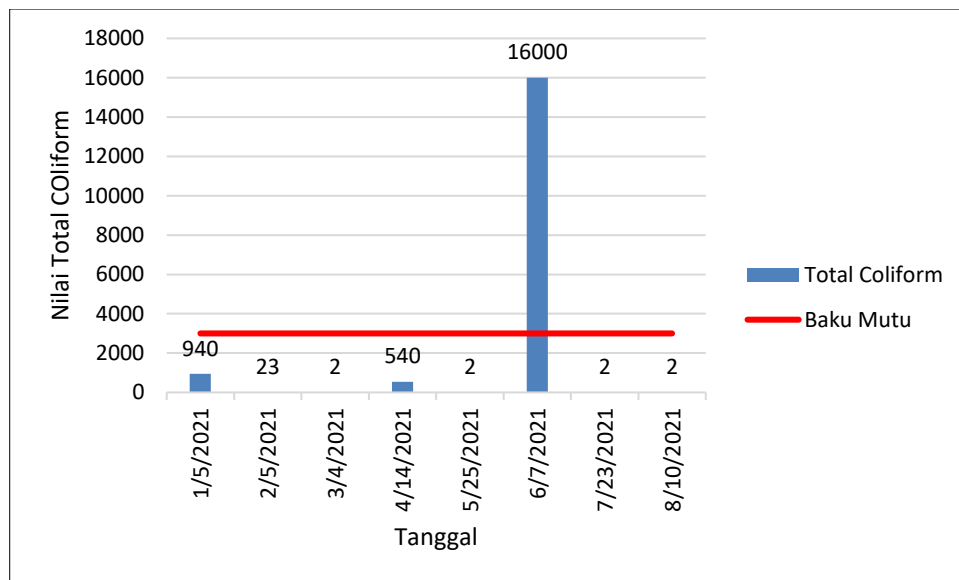
Gambar 4. 7 Grafik Analisis BOD pada outlet IPAL Baru

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 mengenai baku mutu air limbah domestik terdapat salah satu parameter yang dapat mencemari lingkungan yaitu minyak dan lemak yang dimakan nilainya tidak boleh melebihi dari standar yang sudah ditentukan, yaitu sebesar 5 mg/L. Dari data yang sudah didapatkan nilai minyak dan lemak pada IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali tergolong aman dikarenakan nilainya tidak ada yang melebihi baku mutu.



Gambar 4. 8 Grafik Analisis Minyak dan Lemak pada outlet IPAL Baru

Total Coliform merupakan bakteri yang sering ditemukan di IPAL Domestik, Seperti halnya Bandara Adi Soemarmo-Boyolali yang merupakan sarana prasarana yang menunjang aktivitas manusia untuk berpergian, maka dari itu IPAL di Bandara Adi Soemarmo-Boyolali yang melayani aktivitas manusia terindikasi terdapat coliform. Bakteri coliform bersumber dari kotoran manusia berupa tinja yang masuk ke IPAL. Dari data yang didapat, Total Coliform pada outlet IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali pada 8 Bulan tahun 2021. Pada bulan Juni nilai Total Coliform mencapai 16.000 yang dimana nilai tersebut melebihi baku mutu yang sudah ditentukan yaitu sebesar 3000.



Gambar 4. 9 Grafik Analisis Total Coliform pada outlet IPAL Baru

Tingginya nilai Total Coliform pada bulan juni diindikasikan karena pada saat bulan juni tahun 2021 terjadi pelonjakan kenaikan jumlah penumpang di Bandara Adi Soemarmo-Boyolali. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) pada bulan juni penerbangan domestik sebanyak 3,52 juta orang, dibandingkan dengan bulan mei sebanyak 2,44 juta. Hal ini menandakan kenaikan jumlah penumpang yang cukup tinggi sehingga dapat dikatakan melonjaknya penumpang juga berpengaruh dengan pemakaian sarana dan prasarana seperti toilet sehingga hal ini juga berpengaruh dengan pengolahan air limbah pada IPAL. Semakin banyak limbah domestik yang masuk ke IPAL semakin tinggi pula kandungan bakteri yang diolah pada IPAL.

4.3 Unit Klorinasi

Unit klorinasi merupakan salah satu proses akhir sebelum air limbah dibuang ke badan air dan layak untuk lingkungan, unit yang cukup penting pada IPAL. Klorinasi adalah proses untuk mendegradasi bakteri patogen dengan memanfaatkan bahan kimia. Pada IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali, proses klorinasi dilakukan dengan cara pemberian bahan kimia berupa kaporit atau calcium hypochlorite berbentuk kapsul sebanyak 1 kg/hari ke dalam bak klorinasi.

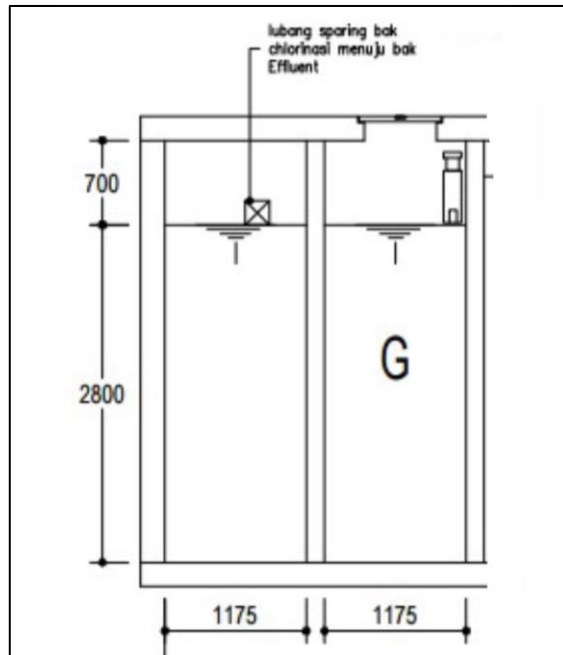
IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo memiliki 1 unit klorinasi, unit ini berukuran 2,5 m × 2 m. Berikut merupakan unit klorinasi pada IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali.



Gambar 4. 10 Unit Klorinasi

4.3.1 Kriteria Desain Unit Klorinasi

Unit Klorinasi berfungsi untuk menghilangkan bakteri patogen dalam air limbah. Klorinasi umumnya memanfaatkan bahan kimia sebagai bahan desinfektan seperti kaporit. Berikut merupakan layout unit klorinasi pada IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali.



Gambar 4. 11 Tampak Samping Unit Klorinasi

Berikut merupakan data dari bak klorinasi yang ada di IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo:

- Panjang Bak (p) : 2,5 m
- Lebar Bak (l) : 2,35 m
- Kedalaman Bak (h) : 2,8 m
- Tinggi Ruang Bebas : 0,7 m
- Jumlah unit : 1
- Qpuncak : 151,2 m³/hari
: 18,9 m³/jam
: 0,315 m³/detik (Perhitungan debit terdapat di lampiran)

Sedangkan untuk perhitungan mengacu dengan kriteria desain:

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= P \times L \times T \\ &= 2,5 \text{ m} \times 2,35 \text{ m} \times 2,8 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 16,45 \text{ m}^3 \\
\text{Apermukaan} &= P \times L \\
&= 2,5 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\
&= 5 \text{ m}^2 \\
\text{Cek Td} &= Q/V \\
&= \frac{18,9 \text{ m}^3}{14 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}} \\
&= 1,14 \text{ jam}
\end{aligned}$$

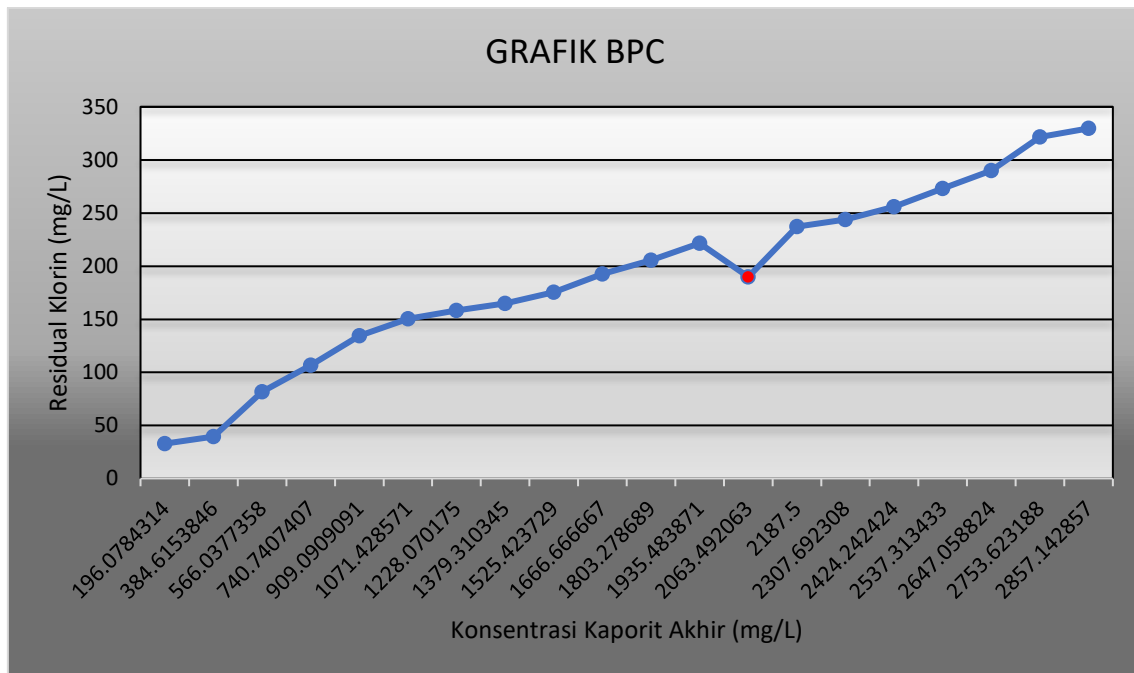
Berdasarkan perhitungan diatas, unit klorinasi membutuhkan waktu tinggal (td) sebesar 1,14 jam apabila dibandingkan dengan kriteria desain nilai tersebut sudah memenuhi.

4.3.2 Analisis *Breakpoint Chlorination* (BPC) secara Iodometri

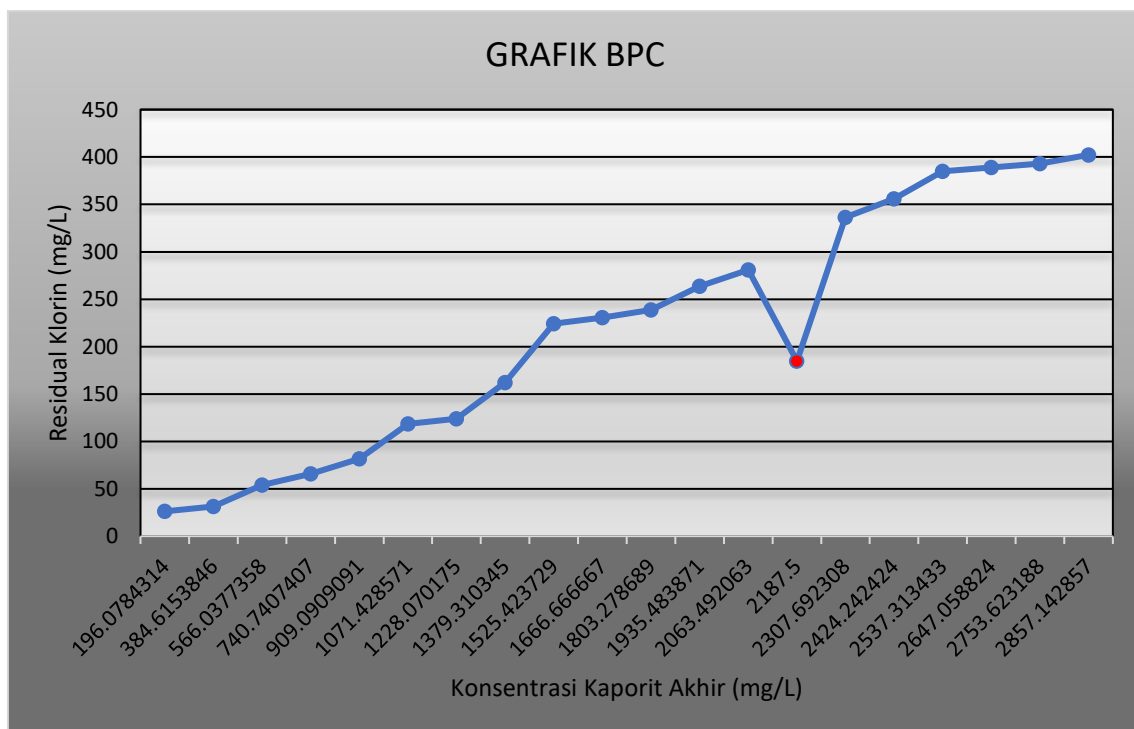
Penentuan BPC yang digunakan pada unit klorinasi IPAL didapatkan dari kurva *breakpoint chlorination* yang dimana pada kurva BPC terdapat titik maksimum dan titik minimum. Pada titik minimum disebut sebagai titik BPC.

Menurut (Budiyono dan Sumardiono, 2013), tercapainya breakpoint cukup menguntungkan bagi pengolahan desinfeksi dikarenakan dapat membunuh bakteri patogen dan mencegah bertumbuhnya lumut. Hal yang perlu diperhatikan pada breakpoint chlorination adalah waktu kontak. Konsentrasi kaporit yang terlalu tinggi kemudian waktu kontak yang lama dapat menyebabkan pembentukan senyawa berbahaya seperti organohalogen karena desinfektan tak lagi bekerja secara baik. Maka dari itu pada penelitian ini dilakukan perbandingan waktu kontak yaitu, 15 menit, 30 menit dan 45 menit.

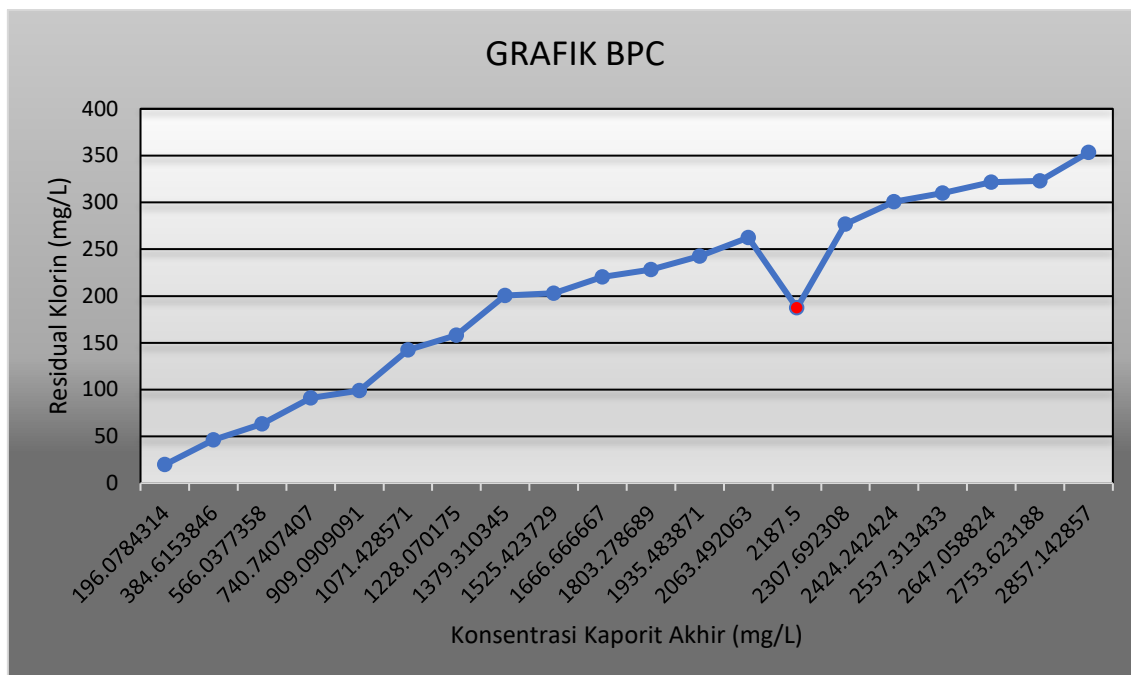
Hasil analisis residual klorin dengan penambahan kaporit dalam bentuk larutan dapat dilihat grafik BPC pada **Gambar 4.8**, **Gambar 4.9**, dan **Gambar 4.10**.



Gambar 4. 12 Grafik BPC dengan Waktu Kontak 15 menit



Gambar 4. 13 Grafik BPC dengan Waktu Kontak 30 menit



Gambar 4. 14 Grafik BPC dengan Waktu Kontak 45 menit

Gambar 4.9, 4.10 dan 4.11 merupakan grafik breakpoint chlorination dengan waktu kontak 15, 30 dan 45 menit dengan 1 kali pengamatan. Menurut (Alaert dan Sumestri, 1987) secara singkat menjelaskan bahwa zona I terdapat reaksi klor yang mengoksidasi anorganik serta amoniak yang membentuk kloramin. Zona II merupakan reaksi klor yang mengoksidasi monokloramin, membentuk gas nitrogeen dan dikloramin. Kemudian Zona III merupakan zona setelah BPC yaitu jumlah klor aktif.

Pada waktu kontak 15 menit, grafik BPC dibagi menjadi 3 zona. Zona I menunjukkan garis kenaikan naik yang merupakan terjadinya proses pembentukan kloramin (monokloramin). Menurut (Lestari, dkk. 2008) senyawa organik dan anorganik dioksidasi oleh klor bebas seperti HOCl dan ion OCl^- aktif. Salah satu senyawa yang terlarut pada sampel adalah amoniak pada saat bereaksi dengan klor aktif yang kemudian dapat membentuk senyawa monokloramin (NH_2Cl).

Titration Iodometri menghasilkan sisa klor aktif berupa klor bebas (HOCl dan ion OCl^-) dan klor terikat (kloramin). Menurut (Brooks, 1999) pH juga berpengaruh dalam pereaksian pada zona I, klor aktif akan berikatan dengan amoniak kemudian membentuk monokloramin (NH_2Cl) pada kisaran $\text{pH} \geq 7$. Penelitian ini nilai pH pada pembubuhan kaporit 0,5 mL-6mL berkisar 7 sampai 8 yang dimana menurut (Brooks, 1999) maka

kloramin yang terbentuk pada zona 1 merupakan monokloramin. Salah satu klor yang memiliki daya desinfektan adalah monokloramin walaupun tidak sekuat HOCl dan ion OCl^- (Brooks, 1999).

Gas nitrogen dapat juga terbentuk pada zona I apabila monokloramin yang terbentuk pada zona I teroksidasi lebih lanjut oleh klor aktif yang dibubuhkan terus menerus sedangkan senyawa organik dan amonia dalam sampel sudah teroksidasi semua. Pada penelitian ini yang ditunjukkan pada waktu kontak 15, 30, dan 45 menit yang dimana pada saat setelah mendapatkan titik puncaknya yang mempunyai nilai konsentrasi klor berturut-turut 6; 6,5; dan 6,5 mL. Kemudian pada pembubuhan klor aktif berturut-turut 6,5; 7; dan 7 mL terjadi penurunan drastis yang terjadi dikarenakan terbentuknya gas nitrogen yang menuju ke atmosfer.

Zona II merupakan zona yang terdapat reaksi pembentukan gas, nitrogen, dikloramin, dan HCl. Menurut (Black and Veatch dkk. Dan Brooks, 1999) apabila terbentuknya HCl maka pH pada sampel akan menurun berkisar $< 7,5$. Dikloramin akan terbentuk dari monokloramin yang bereaksi dengan klor bebas sehingga jika konsentrasi klor aktif dilanjutkan menjadi 7; 7,5; dan 7 mL sampai 10 mL maka tidak akan terjadi lagi gas nitrogen akibat penguraian dari klor terikat monokloramin dan dapat menaikkan grafik pada penambahan konsentrasi tersebut. Hal inilah disebut sebagai *Breakpoint Chlorination* (BPC). Dengan demikian Titik BPC pada pengujian waktu kontak 15 menit, 30 menit, dan 45 menit terjadi pada konsentrasi kaporit berturut-turut 6,5 mL, 7 mL, dan 7 mL.

Berdasarkan hasil BPC dengan waktu kontak 15 menit, 30 menit, dan 45 menit menunjukkan nilai konsentrasi kaporit yang tidak jauh berbeda. Rata-rata residu klor aktif pada titik BPC dari masing-masing waktu kontak adalah 187,3 mg/L. Nilai Residual klorin yang paling baik dari ketiga percobaan berdasarkan waktu kontak adalah pada titik BPC 7 mL (konsentrasi kaporitnya 2187,5 ml) dengan waktu kontak 30 menit dengan residual klorin sebesar 184,6 mg/L. Konsentrasi kaporit sebesar 2187,5 ml atau sebesar **2,187 kg** merupakan konsentrasi optimum berdasarkan analisis BPC.

4.4 Proses Klorinasi

Penerapan klorinasi pada IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali dilakukan sekali dalam 1 hari berbentuk kaporit kapsul dengan total 4 kapsul dengan dosis 250 mL tiap 1 kapsulnya (1 kg/hari). Pengaplikasian dosis tersebut dapat dikatakan belum efektif dikarenakan masih tingginya nilai total coliform yang sudah diuji oleh laboratorium eksternal Bandara Adi Soemarmo-Boyolali.

Pada perhitungan pembubuhan klorin menggunakan data pembubuhan yang sudah diketahui yaitu sebesar 1 kg/hari dengan kadar Cl_2 sebesar 70% dan debit pengolahannya sebesar 315.000 L/detik, maka perhitungannya dengan rumus:

$$Rs = \frac{w}{Q \times c} \dots\dots\dots (4. 1)$$

Maka dari itu, dosis pembubuhannya:

$$1 \text{ kg/hari} = \frac{1 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 10^6 \text{ L}}{86400 \text{ s}} = 11,57 \text{ mg/s}$$

$$Rs = \frac{11,57 \text{ mg/s}}{315.000 \times \frac{100}{70}} = 0,000052 \text{ mg/L}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dan mengacu pada Petunjuk Teknis PUPR Pt-T-28-2000-C nilai 0,000052 mg/L adalah dosis DPC/BPC ditambah klorin yang diinginkan. Perhitungan ini untuk mengetahui nilai dosis klorinasi yang **sudah dilakukan** di IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo.

4.5.1 Pembubuhan Klor

Prosedur pembubuhan klor menggunakan konsentrasi klorin hasil dari analisis BPC yaitu sebesar 2,187 kg/hari, dengan densitas kaporit 860 kg/m³ dan konsentrasi Cl sebesar 5 %. Nilai-nilai tersebut untuk menghitung proses klorinasi seperti debit pembubuhan dan waktu bak klorinasi kosong:

- a. Debit Pembubuhan Klorin

$$\begin{aligned} \text{Volume Kaporit} &= \frac{\text{Massa Kaporit}}{\text{Densitas Kaporit}} \dots\dots\dots (4. 2) \\ &= \frac{2,187 \text{ kg/hari}}{860 \text{ kg/m}^3} \end{aligned}$$

$$= 0,0025 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Volume Larutan} = \text{Volume Kaporit} \times \text{Konsentrasi Cl} \dots\dots\dots (4. 3)$$

$$\text{Volume Larutan} = \frac{100}{5} \times 0,0025 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} = 0,05 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Pelarut} &= 0,005 \text{ m}^3/\text{hari} - 0,0025 \text{ m}^3/\text{hari} \dots\dots\dots (4. 4) \\ &= 0,0475 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, apabila pelarutan kaporit dilakukan setiap 1 hari, maka volume bak debit pembubuhannya:

$$\begin{aligned} \text{Volume bak klorinasi} &= \text{Volume larutan (24 jam)} \\ &= 0,0025 \text{ m}^3 \\ &= 25 \text{ Liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit Pembubuhan Klorin} &= \frac{\text{Volume Larutan} \times 10^3 \text{ mL}}{86400 \text{ detik/hari}} \dots\dots\dots (4. 5) \\ &= \frac{25 \frac{\text{L}}{\text{hari}} \times 10^3}{86400 \text{ detik/hari}} \\ &= 0,289 \text{ mL/detik} \approx 1,0404 \text{ L/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa untuk melakukan pembubuhan klor pada bak klorinasi dengan konsentrasi klorin 2,187 kg membutuhkan pelarut berupa air sebesar 25 Liter. Kemudian setelah air dan klorin tercampur, dibubuhkan ke dalam reservoir dengan debit pembubuhan sebesar 0,289 mL/detik.

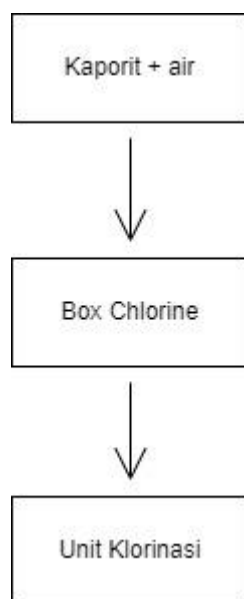
b. Volume yang dibutuhkan hingga Bak Pengaduk Kosong

$$\begin{aligned} \text{Waktu} &= \frac{\text{Volume Bak}}{\text{Debit Pembubuhan}} \dots\dots\dots (4. 6) \\ &= \frac{25 \text{ L}}{1,0404 \text{ L/jam}} \\ &= 24,02 \text{ jam} \end{aligned}$$

4.5.2 Prosedur Pembubuhan Klorin

Pembubuhan kaporit pada unit klorinasi di IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo dilakukan setiap hari oleh operator IPAL. Petugas IPAL bertugas untuk mengawasi dan mengelola IPAL yang ada di Bandara Adi Soemarmo. Pembubuhan kaporit di IPAL Baru dilakukan dengan cara memasukkan kaporit berbentuk kapsul ke dalam *box chlorin* di unit klorinasi. Penggunaan klorin di IPAL Baru menggunakan kaporit yang dilakukan setiap harinya sebesar 1 kg. Prosedur pembubuhan kaporit di unit klorinasi dapat dikatakan belum sesuai dengan peraturan yang ada yaitu Pt-T-28-2000 C Tentang Tata Cara Pembubuhan Kaporit Pada Unit IPA dikarenakan tidak terdapat alat pembubuh sesuai dengan kebutuhan dosis, seperti *dosepump* atau katup air (kran) untuk mengontrol aliran.

Berikut merupakan skema pembubuhan kaporit yang dapat direkomendasikan di IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali:



Gambar 4. 15 Skema Pembubuhan Kaporit

4.5 Kinetika Desinfeksi

Penggunaan kinetika laju reaksi digunakan untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi dan waktu kontak. Hal ini menentukan bagaimana sejumlah senyawa atau bahan kimia mempercepat ataupun memperlambat reaksi serta laju pembentukan produk. Untuk menentukan orde reaksi Total Coliform, konsentrasi awal yang digunakan adalah 16.000 jml/100 mL yang dimana nilai ini adalah nilai total koliform tertinggi (N_0) yang

ada di IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali. Menurut (Chick, 1908). Sedangkan untuk nilai N nya merupakan 99% dari nilai N yang kemudian nilai dari N_0 akan dijadikan variabel pengurangan dari nilai N_0 . Penggunaan nilai N pada persamaan kinetika digunakan sebagai asumsi untuk mencapai nilai parameter yang diinginkan. Berikut merupakan persamaan kinetika desinfeksi untuk inaktivasi mikroba dengan desinfektan dan reaksi *Chick Law* yang dimana:

$$\ln \frac{N}{N_0} = -k \cdot t \dots\dots\dots (4.7)$$

Tabel 4. 4 Laju reaksi (k) untuk waktu kontak 30 menit

No	Waktu Kontak (Menit)	Konstanta Laju reaksi (k)
1	30	0,15351

Penggunaan nilai laju reaksi (k) pada waktu kontak digunakan untuk menghubungkan konsentrasi desinfektan dengan inaktivasi mikroba. Menurut Watson (1908) desinfeksi menggunakan sistem yang dihubungkan dengan nilai Ct yang dimana penurunan dari kinetika Chick-Watson, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\ln \frac{N}{N_0} = -k \cdot C \cdot t \dots\dots\dots (4.8)$$

Penentuan nilai N nya merupakan 99% dari nilai N_0 yang kemudian nilai dari N akan dijadikan variabel pengurangan dari nilai N. Penggunaan nilai N pada persamaan kinetika digunakan sebagai asumsi untuk mencapai nilai parameter yang diinginkan. Asumsi ini digunakan bahwa mikroorganisme pada umumnya terjadi penurunan ketika bersinggungan dengan konsentrasi desinfektan dan waktu kontak. Maka dari itu asumsi diperlukan dalam penelitian ini untuk menurunkan hukum Chick Watson berdasarkan mekanisme reaksi kimia.

Tabel 4. 5 Hubungan kinetika desinfeksi dengan waktu kontak

No	Waktu Kontak (t) (menit)	Metode Chick Watson (mg/L)
1	30	$C = 0,9999972 \approx 1$

Gambar 4. 16 Hubungan nilai konsentrasi dengan waktu kontak

Berdasarkan persamaan diatas dapat dikatakan bahwa penurunan total coliform 16000 jml/100 mL menjadi 160 jml/100 ml menghasilkan residual yang rendah yaitu sebesar 1 mg/L.

4.6 Identifikasi Masalah dan Rekomendasi

Identifikasi masalah dan rekomendasi yang dapat diberikan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4. 6 Identifikasi Masalah dan Rekomendasi

Kondisi	Potensi Masalah	Rekomendasi
Tingginya Nilai Total Coliform pada IPAL	1. Sudah dilakukan proses klorinasi menggunakan senyawa klorin (kaporit berbentuk kapsul), tetapi masih terdapat bakteri coliform 2. Prosedur pembubuhan klorin pada unit klorinasi 3. Kondisi IPAL	1. Penggunaan dosis klorin sesuai dengan BPC pada penelitian (kaporit berbentuk bubuk) 2. Penggunaan kran air atau dose pump sehingga kaporit dan air sesuai dengan perhitungan 3. Pengecekan berkala IPAL, seperti pipa bocor dan proses pengolahan pada IPAL.
Unit Klorinasi	1. Waktu Detensi : 1,14 jam (Sesuai) 2. Rasio pxl : 5m ² (Sesuai) 3. Debit pembubuhan pada saat klorinasi dengan desinfektan	1 dan 2. Pengecekan berkala unit klorinasi, pembersihan box chlorine, kebocoran penutup bak klorinasi setelah dilakukannya pembubuhan. 3. Penggunaan perhitungan debit pembubuhan, penyesuaian volume larutan.
Flow Meter	Tidak adanya data debit air limbah yang masuk, mempengaruhi perhitungan debit pembubuhan klorin	Memperbaiki flow meter

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan evaluasi yang sudah dilakukan pada unit klorinasi terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan:
 - a. Kondisi eksisting unit klorinasi telah sesuai dengan kriteria desain seperti waktu tinggal dan luas bak.
 - b. Prosedur pembubuhan klorin **belum sesuai** dengan Pt-T-28-2000 C Tentang Tata Cara Pembubuhan Kaporit Pada Unit IPA, mempertimbangkan volume pelarutan kaporit dengan air dan pergantian jenis desinfektan.
 - c. Nilai total coliform pada IPAL Baru masih cukup tinggi yaitu berjumlah 16.000 Jumlah/100 mL yang dimana nilai maksimalnya adalah 3000 Jumlah/100 mL.
2. Nilai *Breakpoint Chlorination* (BPC) didapatkan dari grafik hubungan antara konsentrasi klorin dengan residu klorin yang kemudian hasil dari grafik akan dijadikan acuan sebagai dosis klorin pada unit klorinasi IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali untuk menurunkan nilai *Total Coliform*. Nilai BPC didapatkan dengan nilai residual klorin paling baik pada konsentrasi 2187,5 mL dengan waktu kontak 30 menit.
3. Pemodelan kinetika desinfeksi dilakukan untuk mengetahui keefektikan konsentrasi klorin dengan kematian mikroba. Pada penelitian ini didapatkan hasil 99% penurunan mikroba.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Melakukan penelitian lebih lanjut dalam hal skala laboratorium untuk penambahan konsentrasi kaporit dan waktu kontak.

2. Melakukan analisa laboratorium dengan menggunakan larutan klorin berbentuk kristal ataupun dengan jenis klorin yang lain untuk mengetahui optimalisasi penggunaan bahan klorin sebagai bahan untuk klorinasi.
3. Melakukan pengujian laboratorium parameter total coliform (MPN, Plate Count) setelah dilakukan penambahan konsentrasi klorin sesuai dengan nilai BPC.
4. Perlu melakukan penelitian lebih lanjut mengenai jenis mikroorganisme yang mempunyai kemampuan tahan terhadap desinfektan jenis kaporit.
5. Dikarenakan nilai residu klor aktif dari titik BPC maka perlu dilakukan optimalisasi proses pendegradasian pada bak sebelum unit klorinasi yaitu unit aerasi IPAL Baru.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G., dan Santika. 1984. **Metode Penelitian Air**. Usaha Nasional. Surabaya. Indonesia.
- Ali, M. 2010. **Peran Proses Desinfeksi dalam Upaya Peningkatan Kualitas Produk Air Bersih**. Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Surabaya.
- Badan Pusat Statistik. 2020. **Statistik Transportasi Udara di Bandara Adi Sumarmo 2020**. Surakarta
- Brooks, A. Matthew. 1999. **Breakpoint Chlorination as an Alternate Means of Ammonia-Nitrogen Removal at a Water Reclamation Plant**. Environmental Sciences and Engineering. Northern Virginia Center. Virginia.
- Budiyono, dan Sumardiono, S. 2013. **Teknik Pengolahan Air**. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Fardiaz. 1993. **Analisis Mikrobiologi Pangan**. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta
- Fuadi, Azhar. 2012. **Pengaruh Residual Klorin Terhadap Kualitas Mikrobiologi Pada Jaringan Distribusi Air Bersih**. Universitas Indonesia. Depok.
- Irianto, K. 2006. **Mikrobiologi Menguk Dunia Mikroorganisme**. Jilid I, Yrama Widya: Bandung.
- Meliala, E.S., Dwi., Desrita. 2015. **Identifikasi Bakteri Patogen sebagai Indikator Pencemaran Air Sumur di Muara Sungai Deli**. 10 Agustus 2015.
- Metcalf, Eddy. 1991. **Wastewater Engineering Treatment Disposol and Reuse**. Mc. Graw-Hill. Inc, New York
- Nugroho, A. 2006. **Bioindikator Kualitas Air**. Cetakan 1. Jakarta. Universitas Trisakti.
- Nugroho, M.H 2001. **Perencanaan Sistem Pembubuh Klor di PDAM Kota Probolinggo**. Institut Teknologi Sepuluh November:Surabaya.
- Nurdjannah, S., dan Moesriati, A., 2005. **Optimalisasi Pembubuhan Gas Klor di Instalasi Pembubuhan Gas Klor di Instalasi Penjernih Ngagel II PDAM Kota Surabaya**. Prodi Magister Manajemen Teknologi. ITS. Surabaya.
- Nur Tahiyah, Grazie. 2017. **Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT Indolakto Pandaan, Pasuruan, Jawa Timur**. Universitas Brawijaya.

Peraturan Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014

Peraturan Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016

Rosyidi, M.B., 2010. **Pengaruh Breakpoint Chlorination (BPC) terhadap Jumlah Bakteri Koliform dari Limbah Cair Rumah Sakit Umum Sidoarjo.** ITS, Surabaya.

Sawyer, C.N., McCarty, P.L, Parkin, G.F. 1994. **Chemistry for Environmental Engineering and Science.** McGraw Hill. New York

Said, N.I., 2007. **Desinfeksi untuk Proses Pengolahan Air Minum.** Jurnal Air Indonesia.

Sugiharto, 2008. **Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah.** UI-Press. Jakarta.

Shovitri, M., dkk. 2011. **Apakah Breakpoint Chlorination (BPC) selalu Aplikatif untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Sakit.** Jurnal Purifikasi.

Tchobanoglous, G. 1991. **Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse.** McGraw Hill. New York

Waluyo, L. 2010. **Teknik dan Metode Dasar dalam Mikrobiologi.** UMM Press.

.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1 Laporan Hasil Uji IPAL Baru Bandara Adi Soemarmo-Boyolali



PT. CITO DIAGNOSTIKA UTAMA
LABORATORIUM LINGKUNGAN
Air - Udara - Makanan

CTK 032

Kantor Akreditasi Nasional
LP - 748 - IDN

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nomor Contoh Uji : 20210105070
 Nama Customer : PT. Angkasa Pura 1 Bandara Adi Sumarmo
 Alamat Customer : Jl. Cendrawasih, Sindon I, Ngesrep, Kec. Ngemplak, Kab. Boyolali
 Jenis Contoh Uji : Air Limbah Domestik
 Keterangan Contoh Uji : Contoh Uji diambil oleh CDU Lab dalam kemasan Botol Kaca Steril (100ml)
 Petugas Pengambil Contoh Uji : CDU Lab (Wellan)
 Prosedur Pengambilan Contoh Uji : SNI 6989.59-2008 (Metode Pengambilan Contoh Air Limbah)
 Titik Pengambilan Contoh Uji : Outlet IPAL Baru
 Titik Koordinat : S: 07°30'55,27" E: 110°44'50,21"
 Kondisi Cuaca : Hujan
 Tgl / Jam Pengambilan Contoh Uji : 05 Januari 2021 / 14.30 WIB
 Tanggal Penerimaan Contoh Uji : 05 Januari 2021
 Tanggal Pengujian Contoh Uji : 06 Januari 2021 - 13 Januari 2021
 Baku Mutu : PERMENLHK NO P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016
 (Bakumutu Air Limbah Domestik)

No	Parameter Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Nilai Ambang Batas	Metode
1	Total Coliform	Jml / 100 ml	940	3000	APHA 9221B : 2012

Keterangan :

- Parameter dicetak tebal adalah parameter terakreditasi KAN LP - 748 - IDN

Pertimbangan:

- Hasil pengujian hanya berlaku untuk sampel yang di uji
- Hasil pengujian untuk kalangan sendiri
- Tidak boleh memperbanyak hasil pengujian tanpa ijin tertulis dari Laboratorium

Hal.2/2

Semarang, 13 Januari 2021
 Penanggung Jawab Teknis

 Sudarwin, ST, M.Kes



PT. CITO DIAGNOSTIKA UTAMA
LABORATORIUM LINGKUNGAN
Air - Udara - Makanan

CTK 033

Kantor Akreditasi Nasional
LP - 748 - IDN

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nomor Contoh Uji : 20210105070
 Nama Customer : PT. Angkasa Pura 1 Bandara Adi Sumarmo
 Alamat Customer : Jl. Cendrawasih, Sindon I, Ngesrep, Kec. Ngemplak, Kab. Boyolali
 Jenis Contoh Uji : Air Limbah Domestik
 Keterangan Contoh Uji : Contoh uji diambil oleh CDU Lab dalam kemasan Botol Polyethylene (4 Liter)
 Petugas Pengambil Contoh Uji : CDU Lab (Wellan)
 Prosedur Pengambilan Contoh Uji : SNI 6989.59-2008 (Metode Pengambilan Contoh Air Limbah)
 Titik Pengambilan Contoh Uji : Outlet IPAL Baru
 Titik Koordinat : S: 07°30'55,27" E: 110°44'50,21"
 Kondisi Cuaca : Hujan
 Tgl / Jam Pengambilan Contoh Uji : 05 Januari 2021 / 14.30 WIB
 Tanggal Penerimaan Contoh Uji : 05 Januari 2021
 Tanggal Pengujian Contoh Uji : 06 Januari 2021 - 15 Januari 2021
 Baku Mutu : PERMENLHK NO P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016
 (Baku Mutu Air Limbah Domestik)

No	Parameter Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Nilai Ambang Batas	Metode
Fisika					
1	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg / L	< 9	30	SNI 06.6989.3:2019
Kimia					
1	Ammonia	mg / L	< 0,07	10	SNI 6989.30 : 2005
2	BOD	mg / L	< 4	30	CT-LKM/IK/TEK/02/73
3	COD	mg / L	42,9	100	SNI 6989.73 : 2019
4	Minyak Lemak	mg / L	< 2,38	5	SNI 6989.10 : 2011
5	pH	-	7,3	6,0 - 9,0	SNI 6989.11:2019

Keterangan :

pH : pH lapangan

Parameter cetak tebal diakreditasi oleh KAN No. : LP - 748 - IDN

Pertimbangan :

- Hasil pengujian hanya berlaku untuk sampel yang di uji
- Hasil pengujian hanya untuk kalangan sendiri
- Tidak boleh memperbanyak hasil pengujian tanpa ijin tertulis dari Laboratorium

Hal.1/2

Semarang, 15 Januari 2021
 Penanggung Jawab Teknis

 Sudarwin, ST, M.Kes



PT. CITO DIAGNOSTIKA UTAMA
LABORATORIUM LINGKUNGAN
AIR - UGIR - MOKES



CTK 033
Kantor Akreditasi Nasional
P-01-001

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

No. Contoh Uji : 20210205073
Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Keterangan Contoh Uji : Contoh uji diambil oleh CDU LAB MAULANA
Prosedur Pengambilan Contoh Uji : SNI 6989.59-2008 (Metode Pengambilan Contoh Air Limbah)
Titik Pengambilan Contoh Uji : OUTLET STP BARU
Titik Koordinat : South : 07°30'55.27", East : 110°44'50.21"
Tgl/Jam Pengambilan Contoh Uji : 05 Februari 2021 / 09:00 WIB
Tanggal Pengujian Contoh Uji : 05 Februari 2021 - 22 Februari 2021
Baku Mutu : PERMENLHK NO P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 (Baku Mutu Air Limbah Domestik)

No.	Parameter Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Nilai Ambang Batas	Metode
FISKA					
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg / L	13	30	SNI 06-6989.3.2019
KIMIA					
1.	Ammonia	mg / L	0.18	10	SNI 6986.30.2005
2.	BOD	mg / L	29	30	CT-LAM/1/7/02/73
3.	COD	mg / L	85.7	100	SNI 6989.73.2019
4.	Minyak dan Lemak	mg / L	2.47	5	SNI 6989.10.2011
5.	pH	-	7.1	6.0 - 9.0	SNI 6989.11.2019
MIKROBIOLOGI					
1.	Total Coliform	jml / 100 ml	23	3000	APHA 9221B - 2012

Keterangan : -
pH : Lapangan
Suhu Udara : 29.5°C
Parameter cetak tebal diakreditasi oleh KAN Nomor : LP - 748 - IDN

Semarang, 01 Maret 2021
Penanggung Jawab Teknis

Sudarwin, ST, M.Kes

*Hal 3 dari 3



PT. CITO DIAGNOSTIKA UTAMA
LABORATORIUM LINGKUNGAN
AIR - UGIR - MOKES



CTK 033
Kantor Akreditasi Nasional
P-01-001

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

No. Contoh Uji : 20210304024
Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Keterangan Contoh Uji : Contoh uji diambil oleh CDU LAB MAULANA
Prosedur Pengambilan Contoh Uji : SNI 6989.59-2008 (Metode Pengambilan Contoh Air Limbah)
Titik Pengambilan Contoh Uji : OUTLET STP BARU
Titik Koordinat : South : 07°30'55.27", East : 110°44'50.21"
Tgl/Jam Pengambilan Contoh Uji : 04 Maret 2021 / 08:40 WIB
Tanggal Pengujian Contoh Uji : 04 Maret 2021 - 17 Maret 2021
Baku Mutu : PERMENLHK NO P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 (Baku Mutu Air Limbah Domestik)

No.	Parameter Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Nilai Ambang Batas	Metode
FISKA					
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg / L	< 9	30	SNI 06-6989.3.2019
KIMIA					
1.	Ammonia	mg / L	< 0.07	10	SNI 6986.30.2005
2.	BOD	mg / L	< 4	30	CT-LAM/1/7/02/73
3.	COD	mg / L	< 14.3	100	SNI 6989.73.2019
4.	Minyak dan Lemak	mg / L	< 2.38	5	SNI 6989.10.2011
5.	pH	-	6.8	6.0 - 9.0	SNI 6989.11.2019
MIKROBIOLOGI					
1.	Total Coliform	jml / 100 ml	< 2	3000	APHA 9221B - 2012

Keterangan : -
pH : Lapangan
Suhu Udara : 29.7°C
Parameter cetak tebal diakreditasi oleh KAN Nomor : LP - 748 - IDN

Semarang, 18 Maret 2021
Penanggung Jawab Teknis

Sudarwin, ST, M.Kes

*Hal 3 dari 3



CDU LAB
Laboratorium Lingkungan



CTK 033
Kantor Akreditasi Nasional
P-01-001

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

No. Contoh Uji : 20210414044
Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Keterangan Contoh Uji : Contoh uji diambil oleh CDU LAB BRIYAN
Prosedur Pengambilan Contoh Uji : SNI 6989.59-2008 (Metode Pengambilan Contoh Air Limbah)
Titik Pengambilan Contoh Uji : OUTLET STP BARU
Titik Koordinat : South : 07°30'55.27", East : 110°44'50.21"
Tgl/Jam Pengambilan Contoh Uji : 14 April 2021 / 09:15 WIB
Tanggal Pengujian Contoh Uji : 14 April 2021 - 23 April 2021
Baku Mutu : PERMENLHK NO P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 (Baku Mutu Air Limbah Domestik)

No.	Parameter Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Nilai Ambang Batas	Metode
FISKA					
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg / L	< 9	30	SNI 06-6989.3.2019
KIMIA					
1.	Ammonia	mg / L	0.18	10	SNI 6986.30.2005
2.	BOD	mg / L	< 4	30	CT-LAM/1/7/02/73
3.	COD	mg / L	16.0	100	SNI 6989.73.2019
4.	Minyak dan Lemak	mg / L	< 2.38	5	SNI 6989.10.2011
5.	pH	-	6.8	6.0 - 9.0	SNI 6989.11.2019
MIKROBIOLOGI					
1.	Total Coliform	jml / 100 ml	540	3000	APHA 9221B - 2012

Keterangan : -
pH : Lapangan
Suhu Udara : 33.4°C
Parameter cetak tebal diakreditasi oleh KAN Nomor : LP - 748 - IDN

Semarang, 23 April 2021
Penanggung Jawab Teknis

Sudarwin, ST, M.Kes

*Hal 3 dari 3



CDU LAB
Laboratorium Lingkungan



CTK 033
Kantor Akreditasi Nasional
P-01-001

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

No. Contoh Uji : 20210525034
Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Keterangan Contoh Uji : Contoh uji diambil oleh CDU LAB BRIYAN
Prosedur Pengambilan Contoh Uji : SNI 6989.59-2008 (Metode Pengambilan Contoh Air Limbah)
Titik Pengambilan Contoh Uji : OUTLET STP BARU
Titik Koordinat : South : 07°30'55.27", East : 110°44'50.21"
Tgl/Jam Pengambilan Contoh Uji : 25 Mei 2021 / 09:33.0
Tanggal Pengujian Contoh Uji : 25 Mei 2021 - 03 Juni 2021
Baku Mutu : PERMENLHK NO P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 (Baku Mutu Air Limbah Domestik)

No.	Parameter Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Nilai Ambang Batas	Metode
FISKA					
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg / L	< 9	30	SNI 06-6989.3.2019
KIMIA					
1.	Ammonia	mg / L	< 0.07	10	SNI 6986.30.2005
2.	BOD	mg / L	16	30	CT-LAM/1/7/02/73
3.	COD	mg / L	38.2	100	SNI 6989.73.2019
4.	Minyak dan Lemak	mg / L	< 2.38	5	SNI 6989.10.2011
5.	pH	-	6.9	6.0 - 9.0	SNI 6989.11.2019
MIKROBIOLOGI					
1.	Total Coliform	jml / 100 ml	< 2	3000	APHA 9221B - 2012

Keterangan : -
pH : Lapangan
Suhu Udara : 32.3°C
Parameter cetak tebal diakreditasi oleh KAN Nomor : LP - 748 - IDN

Semarang, 05 Juni 2021
Penanggung Jawab Teknis

Sudarwin, ST, M.Kes

*Hal 3 dari 3

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

No. Contoh Uji : 20210605008
 Jenis Contoh Uji : Air Limbah
 Keterangan Contoh Uji : Contoh uji diambil oleh CDULAB WELIAN
 Prosedur Pengambilan Contoh Uji : SNI 6989.59-2008 (Metode Pengambilan Contoh Air Limbah)
 Titik Pengambilan Contoh Uji : OUTLET IPAL STP BARU
 Titik Koordinat : South : 07°30'55.27", East : 110°44'50.31"
 Tgl/Jam Pengambilan Contoh Uji : 04 Juni 2021 / 15.00 WIB
 Tanggal Pengujian Contoh Uji : 07 Juni 2021 - 14 Juni 2021
 Baku Mutu : PERMENLHK NO P.68/Menit/Sejen/Kum.1/8/2016 (Baku Mutu Air Limbah Domestik)

No.	Parameter Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Nilai Ambang Batas	Metode
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg / L	< 9	30	SNI 6989.3-2019
					ESHA
					KIMA
1.	Ammonia	mg / L	0.92	10	SNI 6986.10-2005
2.	BOD	mg / L	16	30	CT-LAM/K/TK/02/73
3.	COD	mg / L	57.3	100	SNI 6989.73-2019
4.	Minyak dan Lemak	mg / L	< 2.38	5	SNI 6989.10-2011
5.	pH	-	6.7	6.0-9.0	SNI 6989.11-2019
					MIKROBIOLOGI
1.	Total Coliform	ml / 100 ml	>1400	3000	APHA 9221B-2012

Keterangan :

pH :

Suhu Udara : 31°C

Parameter cetak tebal tidak kredibilitas oleh KAN Nomor : LP-748-1DN

*Hal 4 dari 5

 Semarang, 15 Juni 2021
 Penanggung Jawab Teknis

CDULAB
 Laboratorium Lingkungan
 Sudarwin, ST, MKes

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

No. Contoh Uji : 20210723006
 Jenis Contoh Uji : Air Limbah
 Keterangan Contoh Uji : Contoh uji diambil oleh CDULAB TONY
 Prosedur Pengambilan Contoh Uji : SNI 6989.59-2008 (Metode Pengambilan Contoh Air Limbah)
 Titik Pengambilan Contoh Uji : OUTLET STP BARU
 Titik Koordinat : South : 07°30'55.28", East : 110°44'50.16"
 Tgl/Jam Pengambilan Contoh Uji : 23 Juli 2021 / 09.10 WIB
 Tanggal Pengujian Contoh Uji : 23 Juli 2021 - 30 Juli 2021
 Baku Mutu : PERMENLHK NO P.68/Menit/Sejen/Kum.1/8/2016 (Baku Mutu Air Limbah Domestik)

No.	Parameter Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Nilai Ambang Batas	Metode
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg / L	< 9	30	SNI 6989.3-2019
					ESHA
					KIMA
1.	Ammonia	mg / L	< 0.07	10	SNI 6986.10-2005
2.	BOD	mg / L	6	30	CT-LAM/K/TK/02/73 (Respirometri)
3.	COD	mg / L	33.5	100	SNI 6989.73-2019
4.	Minyak dan Lemak	mg / L	< 2.38	5	SNI 6989.10-2011
5.	pH	-	6.7	6.0-9.0	SNI 6989.11-2019
					MIKROBIOLOGI
1.	Total Coliform	ml / 100 ml	< 2	3000	APHA 9221B-2012

Keterangan :

pH :

Suhu Udara : 31.5°C

Parameter cetak tebal tidak kredibilitas oleh KAN Nomor : LP-748-1DN

*Hal 4 dari 5

 Semarang, 31 Juli 2021
 Penanggung Jawab Teknis

CDULAB
 Laboratorium Lingkungan
 Sudarwin, ST, MKes

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

No. Contoh Uji : 20210810028
 Jenis Contoh Uji : Air Limbah
 Keterangan Contoh Uji : Contoh uji diambil oleh CDU LAB (FERRI)
 Prosedur Pengambilan Contoh Uji : SNI 6989.59-2008 (Metode Pengambilan Contoh Air Limbah)
 Titik Pengambilan Contoh Uji : OUTLET IPAL STP BARU
 Titik Koordinat : South : 07°30'55.28", East : 110°44'50.16"
 Tgl/Jam Pengambilan Contoh Uji : 10 Agustus 2021 / 09.20 WIB
 Tanggal Pengujian Contoh Uji : 10 Agustus 2021 - 19 Agustus 2021
 Baku Mutu : PERMENLHK NO P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 (Baku Mutu Air Limbah Domestik)

No.	Parameter Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Nilai Ambang Batas	Metode
FISIKA					
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg / L	< 9	30	SNI 6989.3.2019
KIMIA					
1.	Ammonia	mg / L	< 0.07	10	SNI 06-6986.30.2005
2.	BOD	mg / L	20	30	CT-LKM/IK/TEK/02/73 (Respirometri)
3.	COD	mg / L	67.2	100	SNI 6989.73.2019
4.	Minyak dan Lemak	mg / L	< 2.38	5	SNI 6989.10.2011
5.	pH	-	6.4	6.0 - 9.0	SNI 689.11-2019
MIKROBIOLOGI					
1.	Total Coliform	Jml / 100 ml	<2	3000	APHA 9221B : 2012

Keterangan : -

pH :
 Suhu Udara : 29.1°C
 Parameter cetak tebal diakreditasi oleh KAN Nomor : LP - 748 - IDN

*Hal 4 dari 5

Semarang, 20 Agustus 2021
 Penanggung Jawab Teknis


CDULAB
 Laboratorium Lingkungan
 Sudarwin, ST, M.Kes

Lampiran 2 Dokumentasi dan Pengujian Sampel

1. Pengambilan Sampel



2. Pengujian BPC



Lampiran 3 Perhitungan Konsentrasi Kaporit dan Residual Klorin

Tabel Waktu Kontak 15 menit

N o	Volum e Kaporit Awal (ml)	Volum e Kaporit Awal (mg)	Volum e Kaporit Akhir (ml)	Konsentra si Kaporit Akhir (ml)	Volume Natrium Thiosulfat (ml)	Konsentra si Natrium Thiosulfat (N)	Residual Klorin (mg/L)
1	0,5	10000	25,5	196,078431 4	2,5	0,0093	32,9685
2	1	10000	26	384,615384 6	3	0,0093	39,5622
3	1,5	10000	26,5	566,037735 8	6,2	0,0093	81,76188
4	2	10000	27	740,740740 7	8,1	0,0093	106,8179 4
5	2,5	10000	27,5	909,090909 1	10,2	0,0093	134,5114 8
6	3	10000	28	1071,42857 1	11,4	0,0093	150,3363 6
7	3,5	10000	28,5	1228,07017 5	12	0,0093	158,2488
8	4	10000	29	1379,31034 5	12,5	0,0093	164,8425
9	4,5	10000	29,5	1525,42372 9	13,3	0,0093	175,3924 2
10	5	10000	30	1666,66666 7	14,6	0,0093	192,5360 4
11	5,5	10000	30,5	1803,27868 9	15,6	0,0093	205,7234 4
12	6	10000	31	1935,48387 1	16,8	0,0093	221,5483 2
13	6,5	10000	31,5	2063,49206 3	14,4	0,0093	189,8985 6
14	7	10000	32	2187,5	18	0,0093	237,3732
15	7,5	10000	32,5	2307,69230 8	18,5	0,0093	243,9669
16	8	10000	33	2424,24242 4	19,4	0,0093	255,8355 6
17	8,5	10000	33,5	2537,31343 3	20,7	0,0093	272,9791 8
18	9	10000	34	2647,05882 4	22	0,0093	290,1228
19	9,5	10000	34,5	2753,62318 8	24,4	0,0093	321,7725 6
20	10	10000	35	2857,14285 7	25	0,0093	329,685

Tabel Waktu Kontak 30 menit

N o	Volum e Kaporit Awal (ml)	Volum e Kaporit Awal (mg)	Volum e Kaporit Akhir (ml)	Konsentra si Kaporit Akhir (ml)	Volume Natrium Thiosulfat (ml)	Konsentra si Natrium Thiosulfat (N)	Residual Klorin (mg/L)
1	0,5	10000	25,5	196,078431 4	2	0,0093	26,3748
2	1	10000	26	384,615384 6	2,4	0,0093	31,64976
3	1,5	10000	26,5	566,037735 8	4,1	0,0093	54,06834
4	2	10000	27	740,740740 7	5	0,0093	65,937
5	2,5	10000	27,5	909,090909 1	6,2	0,0093	81,76188
6	3	10000	28	1071,42857 1	9	0,0093	118,6866
7	3,5	10000	28,5	1228,07017 5	9,4	0,0093	123,9615 6
8	4	10000	29	1379,31034 5	12,3	0,0093	162,2050 2
9	4,5	10000	29,5	1525,42372 9	17	0,0093	224,1858
10	5	10000	30	1666,66666 7	17,5	0,0093	230,7795
11	5,5	10000	30,5	1803,27868 9	18,1	0,0093	238,6919 4
12	6	10000	31	1935,48387 1	20	0,0093	263,748
13	6,5	10000	31,5	2063,49206 3	21,3	0,0093	280,8916 2
14	7	10000	32	2187,5	14	0,0093	184,6236
15	7,5	10000	32,5	2307,69230 8	25,5	0,0093	336,2787
16	8	10000	33	2424,24242 4	27	0,0093	356,0598
17	8,5	10000	33,5	2537,31343 3	29,2	0,0093	385,0720 8
18	9	10000	34	2647,05882 4	29,5	0,0093	389,0283
19	9,5	10000	34,5	2753,62318 8	29,8	0,0093	392,9845 2
20	10	10000	35	2857,14285 7	30,5	0,0093	402,2157

Tabel Waktu Kontak 45 menit

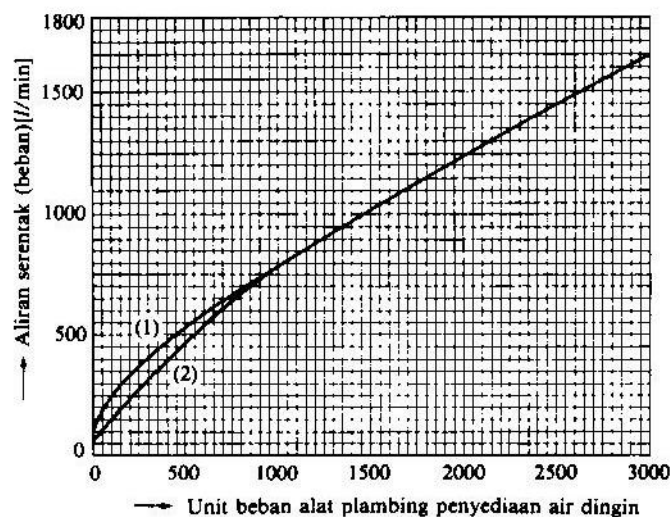
N o	Volum e Kapori t Awal (ml)	Volum e Kapori t Awal (mg)	Volum e Kapori t Akhir (ml)	Konsentra si Kaporit Akhir (ml)	Volume Natrium Thiosulfat (ml)	Konsentra si Natrium Thiosulfat (N)	Residua l Klorin (mg/L)
1	0,5	10000	25,5	196,078431 4	1,5	0,0093	19,7811
2	1	10000	26	384,615384 6	3,5	0,0093	46,1559
3	1,5	10000	26,5	566,037735 8	4,8	0,0093	63,2995 2
4	2	10000	27	740,740740 7	6,9	0,0093	90,9930 6
5	2,5	10000	27,5	909,090909 1	7,5	0,0093	98,9055
6	3	10000	28	1071,42857 1	10,8	0,0093	142,423 9
7	3,5	10000	28,5	1228,07017 5	12	0,0093	158,248 8
8	4	10000	29	1379,31034 5	15,2	0,0093	200,448 5
9	4,5	10000	29,5	1525,42372 9	15,4	0,0093	203,086
10	5	10000	30	1666,66666 7	16,7	0,0093	220,229 6
11	5,5	10000	30,5	1803,27868 9	17,3	0,0093	228,142
12	6	10000	31	1935,48387 1	18,4	0,0093	242,648 2
13	6,5	10000	31,5	2063,49206 3	19,9	0,0093	262,429 3
14	7	10000	32	2187,5	14,2	0,0093	187,261
15	7,5	10000	32,5	2307,69230 8	21	0,0093	276,935 4
16	8	10000	33	2424,24242 4	22,8	0,0093	300,672 7
17	8,5	10000	33,5	2537,31343 3	23,5	0,0093	309,903 9
18	9	10000	34	2647,05882 4	24,4	0,0093	321,772 6
19	9,5	10000	34,5	2753,62318 8	24,5	0,0093	323,091 3
20	10	10000	35	2857,14285 7	26,8	0,0093	353,422 3

Lampiran 4 Perhitungan Debit

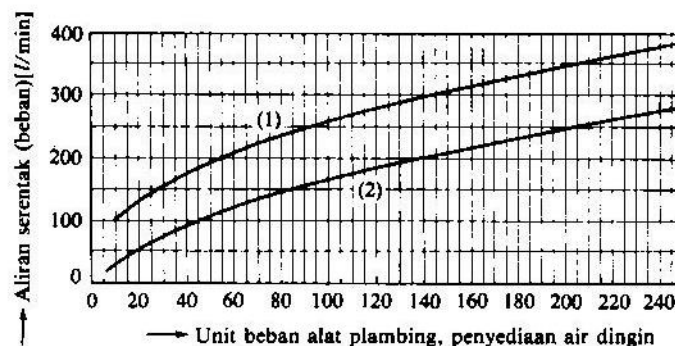
Alat Plumbing	Jumlah	UB AP	Total UBAP
Kloset	49	10	490
Urinal	15	3	45
Wastafel	39	2	78
Keran	15	4	60
Total UBAP			673

*Nilai UBAP: SNI 8153:205 Sistem Plumbing Pada Bangunan Gedung

Pada perhitungan diatas didapatkan nilai total UBAP 673. Kemudian nilai total UBAP tersebut dihubungkan dengan laju aliran. Untuk melihat nilai hubungan antara unit beban alat plumbing dengan laju aliran dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



(a) Untuk unit beban sampai 3000



(b) Untuk unit beban sampai 250 (skala gambar diperbesar)

Gbr. 3.61 Hubungan antara unit beban alat plumbing dengan laju aliran. Kurva (1) untuk sistem yang sebagian besar dengan katup gelontor. Kurva (2) untuk sistem yang sebagian besar dengan tangki gelontor.

Berdasarkan gambar diatas dengan menggunakan kurva 1, diperoleh pemakaian air di Terminal Baru ($Q_m\text{-max}$) sebesar 630 liter/menit atau 0,63 m³/menit. Kemudian dilakukan perhitungan total kebutuhan air bersih, sebagai berikut:

$$Q_m - \max = C2 \times Q_h/60$$

$$0,63 \frac{m^3}{menit} = 3 \times \frac{Q_h}{60}$$

$$Q_h = 12,6 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan nilai untuk pemakaian air bersih sejumlah 12,6 m³/menit. Kemudian melakukan perhitungan untuk mengetahui pemakaian selama satu hari, dengan nilai jangka waktu pemakaian sehari 15 jam.

$$Q_h = \frac{Q_d}{t}$$

$$12,6 \frac{m^3}{menit} = \frac{Q_d}{15}$$

$$Q_d = 189 \frac{m^3}{hari}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan untuk kebutuhan air bersih di terminal baru Bandara Adi Soemarmo sebesar 189 m³/menit. Untuk mengetahui debit air limbah yang menuju ke IPAL Baru digunakan nilai 80%. Nilai 80% diasumsikan sebagai total debit air limbah yang dihasilkan dari total kebutuhan air. Berikut merupakan perhitungannya:

$$Q_{limbah} = 80\% \times 189 \frac{m^3}{menit}$$

$$Q_{limbah} = 80\% \times 189 \frac{m^3}{menit}$$

$$Q_{limbah} = 151,2 \frac{m^3}{menit}$$

Nilai debit limbah yang didapat setelah dilakukan perhitungan adalah 151,2 m³/hari yang kemudian nilai tersebut akan digunakan sebagai nilai untuk perhitungan rumus selanjutnya.

Lampiran 5 Perhitungan Kinetika Desinfeksi

Keterangan :

N = Konsentrasi mikroorganisme

N_0 = Konsentrasi awal mikroorganisme

K = Laju reaksi

C = Konsentrasi desinfektan

t = Waktu

Perhitungan :

N_0 = 16000 MPN/100 mL

N = $99\% \times 16000$
= 15840 MPN/100 mL

N = $16000 - 15840$
= 160 MPN/100 mL

t = 30 menit

Persamaan 4.7 =

Dicari : k?

$$\ln \frac{N}{N_0} = -k \cdot t$$

$$\ln \frac{160}{16000} = -k \cdot 30$$

$$k = 0,15351 \text{ mg/L}$$

Persamaan 4.8 =

Dicari : C?

$$\ln \frac{N}{N_0} = -k \cdot C \cdot t$$

$$\ln \frac{160}{16000} = -0,15351 \cdot C \cdot 30$$

$$C = 0,9999972 \approx 1 \text{ mg/L}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RIWAYAT HIDUP

Muhammad Nur Fauzi dengan nama panggilan Fauzi lahir di kota kecil di Jawa Tengah bernama Pati tanggal 3 Januari 1999. Penulis merupakan anak dari Bapak yang bernama Diyono dan Ibu yang bernama Indasah dan merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, kakak pertama seorang perempuan bernama Tiya Puspa Devi dan adik perempuan bernama Nafisatul Muna Zahro. Penulis mengawali Pendidikan di TK Pertiwi tahun 2004, kemudian pada tahun selanjutnya yaitu 2006 penulis melanjutkan tingkat Sekolah Dasar di SD Negeri Sidomukti 02 dan lulus pada tahun 2011. Selanjutnya melanjutkan ke SMP Negeri Wedarijaksa 01 dan lulus pada tahun 2014. Kemudian penulis melanjutkan ke SMK Tunas Harapan Pati dan lulus tahun 2017. Di tahun yang sama, penulis melanjutkan Pendidikan sebagai seorang mahasiswa di Universitas Islam Indonesia dengan prodi Teknik Lingkungan.

Selama menjadi mahasiswa selain fokus pada hal akademik, penulis juga fokus dalam hal non akademik seperti mengikuti kegiatan Unit Kegiatan Mahasiswa Futsal tingkat jurusan. Selama dua tahun mengikuti UKM penulis berhasil membawa juara untuk jurusannya selama dua kali tingkat DIY-Jateng. Selain itu penulis juga cukup aktif mengikuti berbagai kegiatan organisasi. Tahun 2018-2019 penulis menjadi pengurus Departemen Dalam Negeri Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan, di tahun berikutnya yaitu 2019-2020 penulis menjadi Wakil Ketua Himpunan bidang Internal. Di tahun berikutnya yaitu 2021-2022 penulis menjadi Kepala Bidang PSDM Lembaga Eksekutif Mahasiswa FTSP UII.

Pada bidang akademik, penulis melakukan Kerja Praktik di PT Indofood CBP Sukses Makmur pada tahun 2020. Selain itu penulis juga kerap mengikuti seminar-seminar dengan disiplin Ilmu Lingkungan.