

**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN**

**PENENTUAN pH, TSS, DAN KADAR ZAT ORGANIK PADA  
LIMBAH CAIR DI PT. PAPERTECH INDONESIA UNIT II  
MAGELANG**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat  
Ahli Madya (A. Md.) Analis Kimia Program D III Analis Kimia**



**Disusun oleh:**

**Ayu Ambarsari**

**NIM: 13231065**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III ANALIS KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2016**

**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN**

**PENENTUAN pH, TSS, DAN KADAR ZAT ORGANIK PADA  
LIMBAH CAIR DI PT. PAPERTECH INDONESIA UNIT II  
MAGELANG**

**DETERMINATION OF pH, TSS, AND ORGANIC MATTER  
ON LIQUID WASTE AT PT. PAPERTECH INDONESIA  
UNIT II MAGELANG**



**Disusun oleh:**

**Ayu Ambarsari**

**NIM: 13231065**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III ANALIS KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2016**

**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN**  
**PENENTUAN pH, TSS, DAN KADAR ZAT ORGANIK PADA**  
**LIMBAH CAIR DI PT. PAPERTECH INDONESIA UNIT II**  
**MAGELANG**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

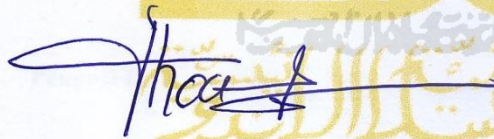
**Ayu Ambarsari**

**NIM: 13231065**

Menyetujui,  
Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Praktik Kerja Lapangan  
Program Studi D III Analis Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia  
Pada tanggal 22 September 2016

**Ketua Program Studi**

**Pembimbing**



**Thorikul Huda, S.Si., M.Sc.**  
**NIK. 052316003**



**Jamalul Lail, S.Si.**  
**NIK. 052316001**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN**

**PENENTUAN pH, TSS, DAN KADAR ZAT ORGANIK PADA  
LIMBAH CAIR DI PT. PAPERTECH INDONESIA UNIT II  
MAGELANG**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

**Ayu Ambarsari**

**NIM: 13231065**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal 22 September 2016

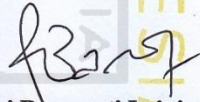
**Susunan Tim Penguji**

**Pembimbing/Penguji**



**Jamalul Lail, S.Si**  
**NIK. 052316001**

**Penguji I**



**Reni Banowati Istiningrum, M.Sc**  
**NIK. 052316002**

**Penguji II**



**Tri Esti Purbaningtias, M.Si**  
**NIK. 132311102**

**Mengetahui,**  
**Dekan Fakultas MIPA UII**



**Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D.**  
**NIK. 966120101**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa Laporan Praktik Kerja Lapangan ini tidak terdapat bagian yang pernah digunakan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya disuatu Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya tidak terdapat bagian yang pernah ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 22 September 2016



A handwritten signature in black ink is written over the stamp and extends to the right.

Ayu Ambarsari

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat, karunia, serta taufik dan hidayah-Nya sehingga Laporan Praktik Kerja Lapangan dengan judul “ Penentuan pH, TSS, dan Kadar Zat Organik Pada Limbah Cair di PT. Papertech Indonesia Unit II Magelang“ dapat terselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

Laporan Praktik Kerja Lapangan ini didasarkan sebagai persyaratan kelulusan dari Program DIII Analis Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia. Penyusun juga mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Thorikul Huda, S.Si., M.Sc. selaku Ketua Program Studi DIII Analis Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Jamalul Lail, S.Si. selaku Dosen Pembimbing Praktik Kerja Lapangan yang selalu memberikan masukan, kritikan, arahan, dan saran sehingga penulisan laporan ini dapat selesai.
4. Bapak Lungit, ST. selaku Kepala Cabang PT. Papertech Indonesia di Magelang.
5. Bapak Widodo, S.Pd., ST., MT. selaku pembimbing instansi yang telah memberikan arahan dan bimbingan untuk melakukan Praktik Kerja Lapangan di PT. Papertech Indonesia cabang Magelang.

6. Staf Sub bidang Pengolahan Limbah beserta staf lainnya yang telah banyak memberikan masukan dan informasi mengenai PT. Papertech Indonesia cabang Magelang.

Demikian Laporan ini disusun, penyusun sangat berharap laporan ini dapat berguna dalam rangka menambah wawasan bagi masyarakat umum dan juga menyadari sepenuhnya bahwa di dalam laporan ini terdapat kekurangan-kekurangan dan jauh dari apa yang diharapkan. Untuk itu, adanya kritik, saran, dan usulan demi perbaikan di masa yang akan datang, mengingat tidak ada sesuatu yang sempurna tanpa saran yang membangun.

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*



Yogyakarta, 22 September 2016

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
INTISARI .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Sejarah dan Perkembangan PT. Papertech Indonesia .....	5
2.2 Visi dan Misi PT. Papertech Indonesia .....	6
2.2.1 Visi.....	6
2.2.2 Misi.....	6
2.3 Sistem Manajemen Mutu PT. Papertech Indonesia .....	6
2.4 Proses Produksi Kertas Daur Ulang.....	7
2.5 Limbah Industri.....	9
2.6 Sistem Pengolahan Limbah.....	11
2.7 Derajat Keasaman (pH).....	14
2.8 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	15
2.9 Gravimetri .....	16
2.10 Zat-zat Organik .....	17
2.11 Permanganometri .....	18
2.12 Presisi.....	19



BAB III METODOLOGI .....	21
3.1 Analisis Penentuan pH, TSS, dan Kadar Zat Organik.....	21
3.1.1 Alat .....	21
3.1.2 Bahan.....	21
3.1.3 Sampel.....	21
3.2 Prosedur Kerja.....	21
3.2.1 Penentuan Derajat Keasaman (pH) menggunakan pH meter .....	21
3.2.2 Penentuan Kadar Total Tersuspensi (TSS) secara Gravimetri.....	22
3.2.3 Penentuan Kadar Zat Organik secara Titrimetri .....	22
3.2.3.1 Standarisasi Larutan $\text{KMnO}_4$ 0,01 N .....	22
3.2.3.2 Penentuan Nilai Permanganat dengan Permanganometri .....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	25
4.1 Parameter Fisika.....	26
4.1.1 Penentuan Derajat Keasaman (pH) .....	26
4.1.2 Penentuan Kadar TSS .....	28
4.2 Parameter Kimia.....	33
4.2.1 Penentuan Kadar Zat Organik.....	33
4.3 <i>Relative Percent Difference</i> (RPD).....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran .....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN .....	53

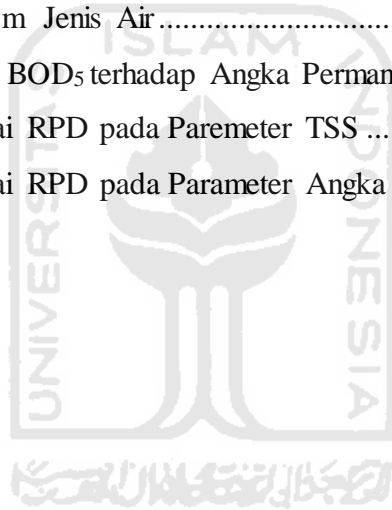
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tata Letak PT. Papertech Indonesia Cabang Magelang .....	6
Gambar 2.2	Skema Proses Produksi Kertas PT. Papertech Indonesia.....	8
Gambar 2.3	Skema Pengelompokan Kandungan Bahan dalam Air Limbah.....	10
Gambar 2.4	Diagram Alir IPAL PT. Papertech Indonesia Unit II Magelang.....	13
Gambar 4.1	Grafik Pengukuran pH Sampel Cair Inlet dan Sedimentasi 3.....	27
Gambar 4.2	Grafik Kadar TSS Sampel Inlet dan Sedimentasi 3.....	31
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Angka Permanganat Sampel.....	36
Gambar 4.4	Diagram Alir Sistem Pengolahan Lumpur Aktif.....	38



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bahan-bahan Kimia Tambahan dalam Proses Produksi Kertas .....	9
Tabel 4.1 Parameter Kualitas Air Limbah Industri Kertas .....	26
Tabel 4.2 Pengukuran pH Sampel Inlet dan Sedimentasi 3 .....	27
Tabel 4.3 Pengukuran Kadar TSS Sampel Inlet dan Sedimentasi 3.....	29
Tabel 4.4 Pengukuran Angka Permanganat dalam Sampel.....	35
Tabel 4.5 Penentuan Nilai COD terhadap Angka Permanganat.....	40
Tabel 4.6 Perbandingan Rata-rata antara BOD <sub>5</sub> dan COD untuk Bermacam-macam Jenis Air.....	41
Tabel 4.7 Penentuan Nilai BOD <sub>5</sub> terhadap Angka Permanganat.....	42
Tabel 4.8 Perhitungan Nilai RPD pada Parameter TSS .....	44
Tabel 4.9 Perhitungan Nilai RPD pada Parameter Angka Permanganat.....	44



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Parameter Nilai pH Sampel.....	54
Lampiran 2	Parameter Nilai TSS Sampel.....	55
Lampiran 3	Parameter Nilai Permanganat .....	58
Lampiran 4	Baku Mutu Air Limbah .....	68



# **PENENTAN pH, TSS, DAN KADAR ZAT ORGANIK PADA LIMBAH CAIR DI PT. PAPERTECH INDONESIA UNIT II MAGELANG**

Program D III Analis Kimia FMIPA UII  
Jl. Kaliurang Km 14.5, Yogyakarta 55584  
Ayu Ambarsari  
Email : [marganingraharjo@gmail.com](mailto:marganingraharjo@gmail.com)

## **INTISARI**

Telah dilakukan analisis penentuan pH, TSS, dan kadar zat organik pada limbah industri pengolahan kertas daur ulang di PT. Papertech Indonesia Unit II Magelang. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat pencemaran dalam limbah cair. Sampel yang dianalisis diambil dari bak inlet, Sedimentasi 1, Sedimentasi 2, dan Sedimentasi 3. Nilai pH rata-rata untuk sampel inlet dan sedimentasi 3 sebesar 5,78 dan 7,53. Kadar TSS dalam sampel inlet dan sedimentasi 3 sebesar 220,89 mg/L dan 52,17 mg/L. Sedangkan kadar zat organik dari sampel inlet, sedimentasi 1, sedimentasi 2, dan sedimentasi 3 secara berturut-turut ialah 513,32 mg/L; 243,32 mg/L; 50,35 mg/L; dan 27,14 mg/L. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penentuan masing-masing parameter limbah di pabrik kertas PT. Papertech Indonesia Unit II Magelang telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah dan bila dilepas ke badan sungai, limbah tersebut tidak akan menimbulkan pencemaran lingkungan dan dampak buruk terhadap ekosistem air.

Kata kunci: air, air limbah, limbah industri, limbah cair kertas, kertas dan *pulp*, pH, TSS, kadar zat organik, nilai permanganat.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat penting bagi kehidupan dan perikehidupan manusia, serta untuk memajukan kesejahteraan umum, sehingga merupakan modal dasar dan faktor utama pembangunan (Susanto, 2009). Ketersediaan air dari segi kualitas maupun kuantitas mutlak diperlukan, akan tetapi banyak masyarakat yang tidak memanfaatkan air dengan baik yaitu menyalahgunakan kelebihan ini dengan mencemarinya. Air yang telah tercemar limbah memiliki kualitas air yang buruk, karena terkontaminasi dengan sisa buangan aktivitas atau kegiatan industri. Air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup (Notoatmodjo, 2003).

Salah satu permasalahan yang terjadi akibat pencemaran lingkungan ialah pembuangan limbah industri ke badan sungai yang menyebabkan pencemaran organik, sehingga dapat berdampak buruk terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Limbah merupakan hasil dari aktivitas industri atau instansi seperti rumah sakit, pabrik dan universitas yang melakukan pengolahan suatu produk ataupun suatu penelitian yang menghasilkan limbah cair yang berbahaya sehingga berdampak negatif terhadap kesehatan manusia serta lingkungan tersebut. Limbah cair yang dikeluarkan memiliki konsentrasi yang tinggi ataupun limbah radioaktif cair yang dapat membahayakan jiwa manusia dan merusak biota air. Limbah adalah zat atau bahan buangan yang dihasilkan dari proses kegiatan manusia (Suharto, 2011).

Berdasarkan pertimbangan di atas, perlu kiranya diperhatikan efek samping yang akan ditimbulkan oleh adanya suatu industri sebelum industri tersebut mulai beroperasi. Demi menjaga kesehatan lingkungan masyarakat sekitar dan juga para pekerja yang setiap hari bersinggungan dengan proses

industri. Oleh karena itu, pengolahan limbah di pabrik kertas ini didasarkan pada peraturan dan syarat-syarat yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

Parameter-parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas air meliputi sifat fisik, kimia, dan biologis. Parameter-parameter tersebut adalah : a). sifat fisik yaitu parameter fisik air yang sangat menentukan kualitas air adalah kekeruhan, suhu, warna, bau, rasa, jumlah padatan tersuspensi, dan padatan terlarut; b). sifat kimia yang dapat dijadikan indikator dalam menentukan kualitas air adalah pH, konsentrasi dari zat-zat kalium, magnesium, mangan, besi, sulfida, sulfat, amoniak, nitrit, posphat, oksigen terlarut, BOD, COD, zat organik, minyak, lemak serta logam berat; dan c).sifat biologis yaitu adanya organisme dalam suatu perairan dapat dijadikan indikator pencemaran suatu lingkungan perairan, misalnya bakteri, ganggang, plankton, dan ikan tertentu. Cara pengukuran yang dilakukan pada setiap parameter berbeda-beda sesuai dengan keadaannya (Sasongko, 2006).

PT. Papertech Indonesia Unit II Magelang merupakan industri yang bergerak dibidang *pulp* dan kertas yang menggunakan bahan baku dari bahan kertas daur ulang. Limbah yang dihasilkan oleh industri ini cukup banyak dan mengandung bahan cemaran yang cukup tinggi pula. Oleh sebab itu pemilihan sistem pengolahan limbahnya menjadi sangat penting dilakukan untuk menjamin kualitas keluaran agar sesuai dengan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang baku mutu air limbah khususnya limbah kertas dan *pulp*. Pengujian secara rutin diperlukan untuk mengetahui kualitas air limbah industri yang dihasilkan. Parameter yang digunakan oleh PT. Papertech Indonesia unit II Magelang menggunakan beberapa parameter dalam analisis limbah cair, yaitu nilai pH, kadar zat organik  $\text{KMnO}_4$ , dan *Total Suspended Solid* (TSS). Hasil pengujian yang diperoleh dibandingkan dengan baku mutu yang diacu.

Derajat keasaman (pH) dalam suatu perairan dijadikan sebagai suatu indikator adanya keseimbangan unsur-unsur kimia dan unsur-unsur hara yang sangat bermanfaat bagi kehidupan vegetasi akuatik (Sary, 2006). Tingginya nilai pH dapat meningkatkan konsentrasi ammonia dalam air yang juga bersifat toksik bagi organisme air (Rahayu, 2007). Materi tersuspensi mempunyai dampak buruk

terhadap kualitas air. Apabila kadar TSS melebihi ambang batas mutu, dapat menyebabkan air menjadi keruh dan menghalangi masuknya cahaya matahari ke dalam air serta mengganggu proses fotosintesis (APHA, 1992). Adanya zat organik dalam air menunjukkan bahwa air tersebut telah tercemar. Zat organik merupakan bahan makanan bakteri atau mikroorganisme lainnya. Makin tinggi kandungan zat organik di dalam air, maka semakin jelas bahwa air tersebut telah tercemar (Asmadi dkk, 2012).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, rumusan masalah dari Praktik Kerja Lapangan yang dilakukan di PT. Papertech Indonesia Unit II Magelang sebagai berikut:

1. Berapa nilai pH, TSS, dan kadar zat organik pada limbah cair pabrik kertas?
2. Bagaimana cara pengolahan limbah cair pabrik kertas secara tepat?
3. Apakah kualitas air limbah pabrik kertas sesuai dengan baku mutu pemerintah?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari Praktik Kerja Lapangan yang dilakukan di PT. Papertech Indonesia Unit II Magelang sebagai berikut:

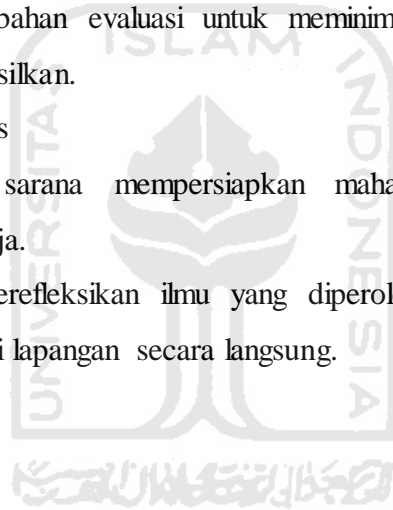
1. Dapat mengetahui pH, TSS, dan kadar zat organik pada limbah cair pabrik kertas.
2. Dapat mengetahui cara pengolahan limbah cair pabrik kertas secara tepat.
3. Mengetahui kualitas air limbah dari hasil produksi pabrik kertas.

## **1.4 Manfaat**

Manfaat yang diperoleh dari Praktik Kerja Lapangan di PT. Papertech Indonesia Unit II Magelang sebagai berikut:



1. Bagi Mahasiswa
  - a. Untuk mengetahui nilai dari parameter pH, TSS, dan kadar zat organik di PT. Papertech Indonesia Unit II Magelang.
  - b. Untuk memperluas pengetahuan dalam pengujian kualitas air limbah.
2. Bagi Perusahaan
  - a. Untuk mengetahui kualitas air limbah yang dihasilkan oleh proses produksi.
  - b. Sebagai data referensi terhadap parameter yang diuji untuk pengolahan limbah lebih lanjut.
  - c. Sebagai bahan evaluasi untuk meminimalisasi bahaya air limbah yang dihasilkan.
3. Bagi Universitas
  - a. Sebagai sarana mempersiapkan mahasiswa untuk memahami dunia kerja.
  - b. Untuk merefleksikan ilmu yang diperoleh selama kuliah dengan praktek di lapangan secara langsung.



## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

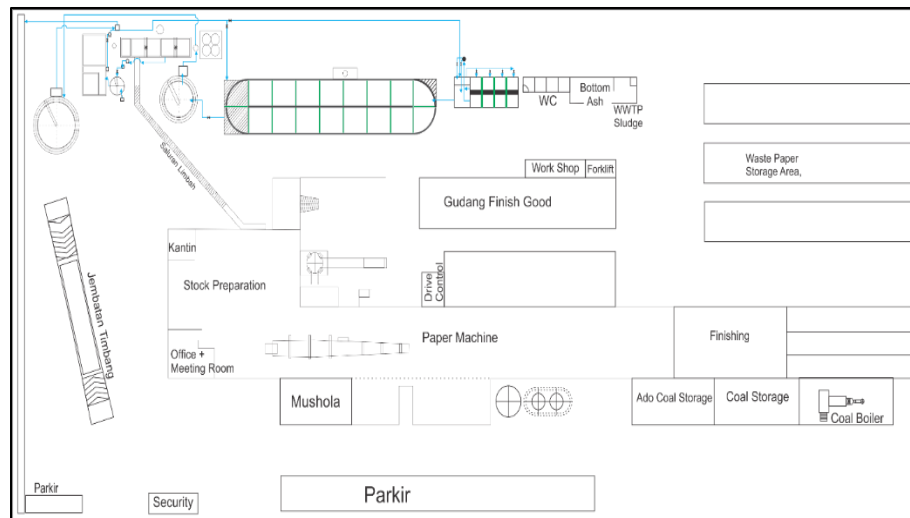
#### **2.1 Sejarah dan Perkembangan PT. Papertech Indonesia**

PT. Papertech Indonesia unit II Magelang yang beralamatkan di Jalan Sanggrahan Gatak No.23, Desa Mungkid, Kecamatan Mungkid, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah 56511, Indonesia, merupakan salah satu cabang dari Subang, Jawa Barat, sedangkan untuk pusat internasionalnya berada di Spanyol. Perusahaan ini berdiri pada tanggal 12 Oktober 2002 yang berawal dari sebuah pabrik sol sepatu bernama Telaga Mas, kemudian diambil alih oleh Papertech Indonesia yang berdasarkan surat persetujuan Penanaman Modal Asing dengan No. 23/IIIIPMA/2003 pada tanggal 27 Januari 2003.

Papertech menerima sertifikasi untuk Manajemen Mutu ISO 9001 pada tahun 2001 dibidang kontrol kualitas yang berkelanjutan dalam proses produksi dari awal ketika bekerja dengan bahan baku hingga produk jadi. *Quality control* di Papertech merupakan bagian yang sangat penting pada bisnis dan secara terus-menerus mencari cara baru untuk digunakan dalam meningkatkan produk.

PT. Papertech Indonesia unit II ini merupakan pabrik kertas daur ulang (*recycled paper*), dengan melihat produksi kertas daur ulang yang masih jarang ditemui dipasaran maka PT.Papertech Indonesia mendirikan pabrik tersebut dengan tujuan untuk memajukan industri kertas. Area yang ditempati seluas 1.425 m<sup>2</sup> yang diperlukan untuk kantor, ruang kerja, logistik dan *Quality Control Room*, produksi, gudang, ruang *engineering*, ruang pertemuan, dan kantin.

PT.Papertech Indonesia Unit II Magelang memiliki karyawan sebanyak ±75 karyawan, 1 karyawan wanita bagian *officer*, 7 diantaranya karyawan kontrak.



**Gambar 2.1 Tata Letak PT. Papertech Indonesia Cabang Magelang**

## 2.2 Visi dan Misi PT. Papertech Indonesia

### 2.2.1 Visi

Menjadi pemimpin pasar dalam industri *coreboard*.

### 2.2.2 Misi

1. Meningkatkan kualitas untuk mengembangkan produk secara berkelanjutan.
2. Menjalin hubungan baik dengan pelanggan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dan menyesuaikan produk terhadap permintaan pasar.
3. Melakukan investasi secara terus menerus dalam teknologi terkini untuk tetap terdepan di pasar.
4. Menjaga komitmen terhadap lingkungan melalui investasi.

## 2.3 Sistem Manajemen Mutu PT. Papertech Indonesia

Pabrik kertas PT. Papertech Indonesia Unit II Magelang menerapkan sistem manajemen mutu terintegrasi yaitu dengan mengintegrasikan beberapa persyaratan yang diatur oleh Standar Internasional (ISO) dan Standar Nasional Indonesia (SNI). Standar yang digunakan dalam penerapan SMMT PT. Papertech Indonesia cabang Magelang, yaitu:

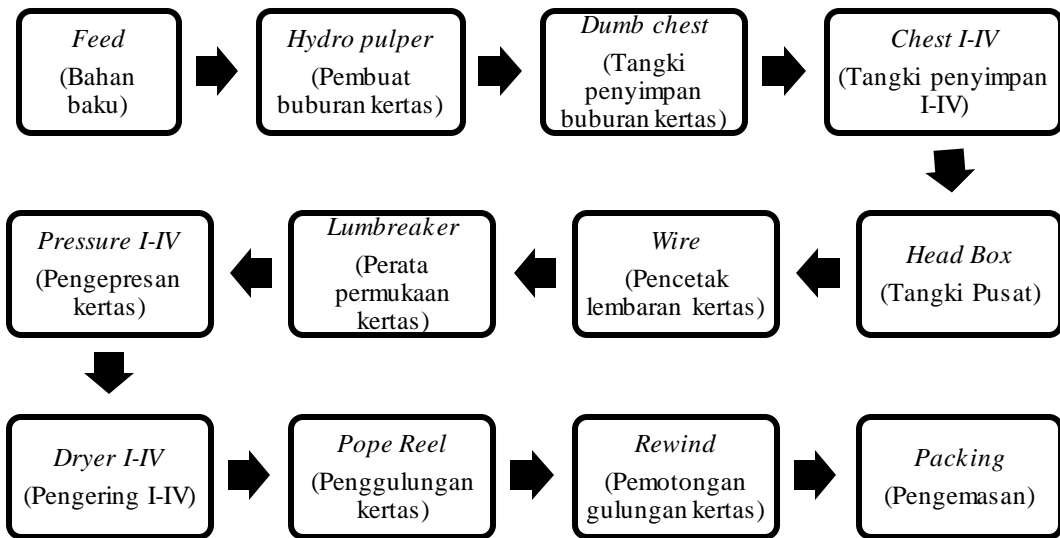
1. Manajemen Mutu ISO 9001 tahun 2001 di bidang kontrol kualitas yang berkelanjutan dalam proses produksi dari awal ketika bekerja dengan bahan baku hingga produk jadi.
2. ISO 50001: 11 tentang Sistem Manajemen Energi sejak 2015 dari *Société Générale de Surveillance* (SGS) di Swiss.
3. ISO 14001 tentang Sistem Manajemen Lingkungan sejak 2003.
4. OHSAS 18001 tahun 2008 tentang Manajemen K3 dan Standard.
5. Rekomendasi yang ditetapkan oleh sertifikasi *Programme for the Endorsement of Forest Certification* (PEFC) dari Swiss sejak 2011 dan *Forest Stewardship Council* (FSC) dari Amerika Serikat sejak 2012 dalam rangka memastikan kualitas produk disemua tahapan produksi.

#### **2.4 Proses Produksi Kertas Daur Ulang**

Industri kertas berbahan dasar kertas daur ulang pada prinsipnya terdiri dari 2 (dua) kegiatan besar, yaitu penyediaan bahan baku dan mesin kertas (*paper machine*). Bahan baku yang digunakan oleh PT. Papertech berasal dari kertas-kertas bekas yang diperoleh dari para pengepul. Terdapat 3 (tiga) jenis bahan baku yang digunakan oleh pabrik ini, diantaranya adalah:

- a. Kelas *Mix* yaitu bahan baku yang jenisnya kertas-kertas bekas dan campuran.
- b. Kelas *Out Targeting Content* (OCC) yaitu bahan baku yang jenisnya kardus.
- c. Kelas bahan tambahan yaitu bahan baku tambahan siap edar sejenis penguat seperti tepung tapioka.

Skema proses produksi dan pengolahan daur ulang kertas menggunakan *Paper Machine* disajikan pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2 Skema Proses Produksi Kertas PT. Papertech**

Menurut Puspita dan Aditya (2016) proses produksi dimulai dari bahan baku yang masih berupa kertas bekas dimasukkan ke dalam *hydro pulper* untuk dihancurkan dan berbentuk buburan kertas menggunakan *belt elevator*. Setelah buburan terbentuk, umpan dialirkan menuju *dumb chest* yang terdapat *High Density Contaminane* untuk membersihkan pengotor berat seperti kerikil, pasir, plastik, dan lain-lain. Proses selanjutnya umpan menuju *chest I* yang sebelumnya melewati *fiber screen* dan *Consistense Recording Controller* yang berfungsi sebagai alat pengatur kekentalan buburan. Setelah itu menuju *chest II* lalu *chest III* yang prosesnya kurang lebih sama seperti proses *dumb chest* menuju *chest I* dan penyaringan terakhir umpan masuk ke *chest IV*.

Umpan kemudian dialirkan menuju *Headbox* untuk dicampurkan dengan bahan-bahan tambahan. Bahan-bahan ini digunakan untuk mengontrol berbagai kualitas fisik dari suatu produk kertas yang akan dipasarkan. Setiap level atau tingkatan produk memiliki komposisi dalam penambahan bahan kimia yang berbeda-beda. Beberapa bahan-bahan tersebut memiliki nilai pH asam dan bersifat korosif sehingga dalam proses penambahannya dibutuhkan suatu mesin untuk meminimalisasi bahaya. Tabel 2.1 akan menunjukkan bahan tambahan kimia apa saja yang digunakan di industri kertas khususnya di PT. Papertech Unit II Magelang.

**Tabel 2.1 Bahan-bahan Kimia Tambahan dalam Proses Produksi Kertas**

No.	Nama bahan	Fungsi	pH
1.	<i>Hi-Gum</i>	Untuk mengurangi daya serap air	2-3
2.	Rosin atau protect 165	Untuk mengurangi daya serap terhadap air dan tinta	4-6
3.	Aluminium sulfat	Untuk mengendapkan rosin	3
4.	Afranil atau defoamer	Untuk mengurangi busa yang terbentuk karena proses pengadukan	6,5-8,5
5.	Innoflock 405	Untuk flokulasi	3-4
6.	Drewflock 422	Untuk flokulasi di industri kimia	4,5
7.	Prestafix	Untuk mengikat serat-serat kertas	4-7
8.	ICP D135 atau polimer alkyl ketene dimerwax dispersion	Untuk membentuk ukuran pori kertas	2-4

Setelah itu masuk ke *wire* yang berfungsi untuk menentukan lebar produk yang diinginkan, lalu menuju ke tahap *lumbreaker* untuk meratakan permukaan kertas dan proses penekanan (*pressure*) yang bertujuan untuk mengurangi kadar air. Berikutnya dikeringkan melalui proses *dryer* sehingga kadar airnya benar-benar hilang. Produk kertas yang sudah kering kemudian digulung di bagian *Pope Reel* dan ditimbang berat bersihnya. Proses terakhir adalah pemotongan kertas dalam bentuk roll kecil dibagian *Rewind* dan *Packing* untuk pengemasan menggunakan plastik *wrap*.

## 2.5 Limbah Industri

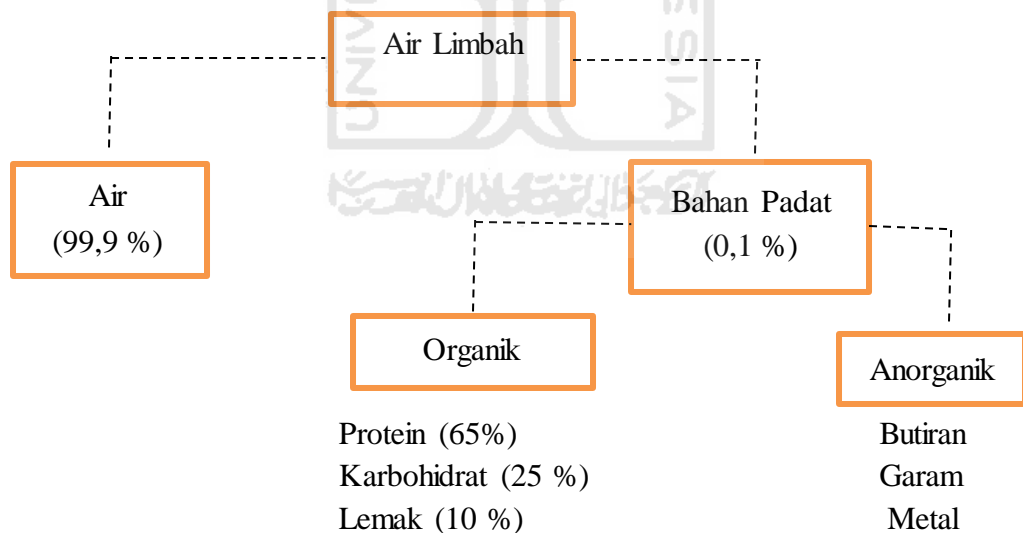
Air limbah merupakan kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya (Sugiharto, 2005). Limbah industri merupakan limbah cair yang dihasilkan oleh berbagai kegiatan di suatu industri. Limbah cair dapat diartikan sebagai buangan cair yang sudah tidak dapat dimanfaatkan lagi untuk jenis kegiatan penghasilnya.

Komponen cairan dalam limbah cair umumnya berupa air (H<sub>2</sub>O). Walaupun demikian, ada juga limbah cair yang sebagian besar cairannya bukan air, misalnya pestisida bekas, residu minyak, oli bekas, dan sejenisnya (Adinugroho dkk, 2006).

Beberapa sumber penghasil limbah cair dalam suatu industri lebih lanjut dijelaskan oleh Adinugroho dan Yuwono (2006) adalah:

1. Proses industri; misalnya pengecatan, pencucian bahan baku, pencampuran bahan kimia, dan sebagainya.
2. Kegiatan utilitas; misalnya menara pendingin (*cooling tower*), ketel uap (*boiler*), dan sebagainya.
3. Kegiatan domestik; misalnya kantin industri, pembersihan lantai, dan sebagainya.

Sesuai dengan sumber asalnya, maka air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Akan tetapi, secara garis besar zat-zat yang terdapat di dalam air limbah dapat dikelompokkan seperti pada skema Gambar 2.3.



**Gambar 2.3 Skema Pengelompokan Kandungan Bahan dalam Air Limbah (Sugiharto, 2005)**

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat, seperti kandungan zat padat sebagai efek estetik, kejernihan, bau, warna, dan temperatur. Kandungan bahan kimia yang ada

di dalam air limbah dapat merugikan lingkungan melalui berbagai cara. Bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam air limbah serta akan menimbulkan rasa bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih (Sugiharto, 2005). Sehingga diperlukan proses pengolahan untuk mengurangi zat-zat berbahaya yang terkandung dalam air limbah, baik secara konvensional maupun modern.

Air limbah sebelum dilepas ke pembuangan akhir harus menjalani pengolahan terlebih dahulu. Pelaksanaan pengolahan air limbah yang efektif diperlukan rencana pengelolaan yang baik. Chandra (2006) mengemukakan bahwa tujuan dari pengelolaan air limbah itu sendiri, antara lain:

1. Mencegah pencemaran pada sumber air rumah tangga.
2. Melindungi hewan dan tanaman yang hidup di dalam air.
3. Menghindari pencemaran tanah permukaan.
4. Menghilangkan tempat berkembangbiaknya bibit dan vektor penyakit.

Sementara itu, sistem pengelolaan air limbah yang diterapkan harus memenuhi persyaratan berikut :

1. Tidak mengakibatkan kontaminasi terhadap sumber-sumber air minum.
2. Tidak mengakibatkan pencemaran air permukaan.
3. Tidak menimbulkan pencemaran pada flora dan fauna yang hidup di air di dalam penggunaannya sehari-hari.
4. Tidak dihindangi oleh vektor atau serangga yang menyebabkan penyakit.
5. Tidak terbuka dan harus tertutup.
6. Tidak menimbulkan bau atau aroma tidak sedap.

## **2.6 Sistem Pengolahan Limbah**

Industri *pulp* dan kertas adalah salah satu industri yang mengeluarkan air limbah dalam jumlah besar dan mengandung bahan pencemar yang cukup tinggi, oleh karena itu pemilihan sistem pengolahan dan kemudahan dalam pengoperasiannya menjadi penting dilakukan untuk menjamin kualitas keluarannya sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah



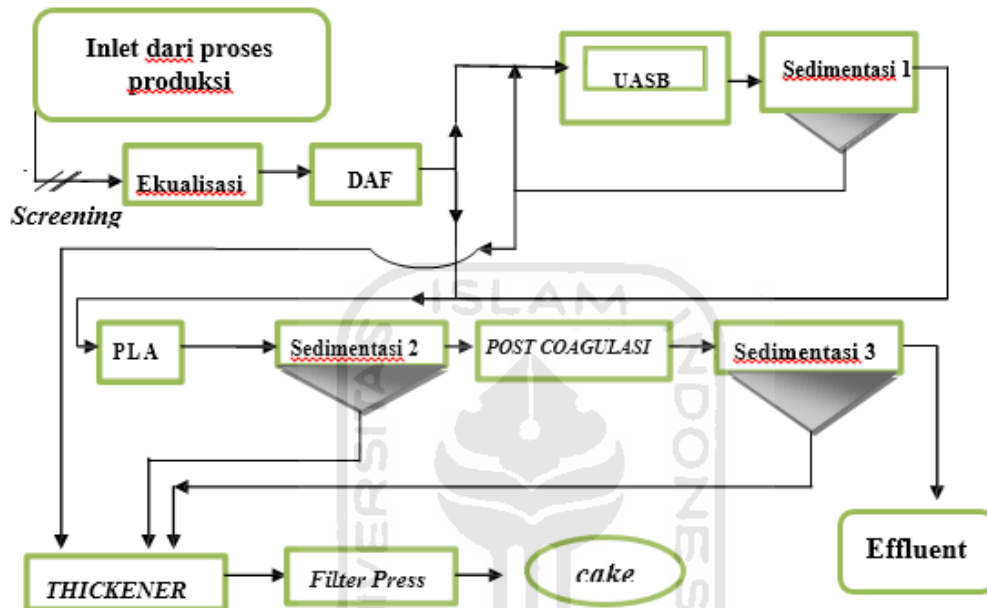
(Widodo, 2013). Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi BOD, partikel tercampur, serta membunuh organisme patogen. Selain itu, diperlukan juga tambahan pengolahan untuk menghilangkan bahan nutrisi, komponen beracun, serta bahan yang tidak dapat didegradasikan agar konsentrasi yang ada menjadi rendah. Pengolahan secara bertahap diperlukan juga agar bahan tersebut dapat dikurangi (Sugiharto, 2005).

Sugiharto (2005) menambahkan bahwa terdapat 6 (enam) kegiatan pengolahan limbah secara garis besar yaitu:

- a. Pengolahan pendahuluan (*pre treatment*) adalah kegiatan pembersihan krikil, lumpur, menghilangkan zat padat, dan memisahkan lemak untuk mempercepat dan memperlancar proses pengolahan selanjutnya.
- b. Pengolahan pertama (*primary treatment*) adalah kegiatan pengolahan limbah untuk menghilangkan zat padat tercampur melalui pengendapan atau pengapungan.
- c. Pengolahan kedua (*secondary treatment*) adalah proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya.
- d. Pengolahan ketiga (*tertiary treatment*) adalah jenis kegiatan pengolahan limbah yang baru akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua masih banyak terdapat zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum.
- e. Pembunuhan bakteri (*desifektion*) adalah kegiatan pembunuhan bakteri untuk mengurangi atau membunuh mikroorganisme patogen yang ada di dalam air limbah.
- f. Pengolahan lanjutan (*ultimate disposal*) adalah kegiatan mengolah lumpur secara khusus agar dapat dipergunakan untuk keperluan kehidupan, dimana lumpur tersebut merupakan hasil keluaran dari tahap pengolahan limbah.

Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) di PT. Papertech Indonesia sudah menggunakan teknologi pengolahan limbah yang tergolong lengkap, baik itu proses kimia, fisika maupun biologi. Secara fisika terdapat proses sedimentasi

dan *screening*. Proses pengolahan biologi menggunakan kombinasi biologi aerob atau proses lumpur aktif dan anaerob atau *Upflow Anaerob Sludge Blanket* (UASB). Sedangkan pengolahan secara kimia dengan menggunakan proses koagulasi dan flokulasi. Berikut diagram alir dari sistem IPAL di PT. Papertech Indonesia Unit II Magelang.



**Gambar 2.4** Diagram Alir IPAL PT. Papertech Indonesia Unit II Magelang  
(Widodo, 2013)

Proses pengolahan limbah diawali dengan masuknya limbah dari proses produksi menuju bak inlet menuju unit *screening* untuk menghilangkan bahan pencemar secara fisik. Tujuan utama dari unit tersebut adalah untuk melindungi pompa, pipa, dan peralatan mekanik lainnya agar tidak terjadi penyumbatan. Limbah kemudian masuk ke unit ekualisasi yang bertujuan untuk membagi dan meratakan volume pasokan agar dapat masuk pada proses pengolahan selanjutnya. Unit berikutnya adalah *Dissolved Air Flotation* (DAF) yaitu unit pengolahan limbah sederhana dengan sistem pengolahan injeksi udara ke dalam cairan di bawah tekanan diikuti oleh pelepasan tekanan. Proses ini bertujuan untuk memisahkan antara fase cair dan padatan dengan memanfaatkan densitas partikulat dan gelembung udara yang diinjeksikan.

Air limbah yang sudah diolah dari DAF akan dipompa ke bak netralisasi yang dilengkapi dengan sensor pH meter, dimana pH diatur antara 6,8-7,3. Limbah tersebut kemudian dialirkan dari bagian bawah reaktor dengan pompa sentrifugal dan didistribusikan secara merata ke dalam reaktor *Upflow Anaerob Sludge Blanket* (UASB). Reaktor ini merupakan selimut atau *blanket* berupa granular sebagai tempat tumbuhnya mikroba yang mengkonsumsi limbah yang lewat. Produk dari proses di dalam reaktor UASB berupa gas dan cairan, seperti gas metan dan karbon dioksida yang naik menuju penampungan gas serta cairan limbah yang selanjutnya diendapkan sebagian ke dalam bak sedimentasi 1 dan sebagian endapan lumpur mikroba dikembalikan ke reaktor.

Unit sedimentasi 1 terletak di luar reaktor dan berfungsi untuk membantu mengendapkan material biologi air limbah yang sangat mungkin terbawa dari reaktor UASB. Selanjutnya limbah akan masuk ke Proses Lumpur Aktif (PLA) dimana terdapat tangki aerasi yang berisi mikroorganisme untuk mendegradasi limbah dengan bantuan oksigen. Air limbah kemudian menuju ke bak sedimentasi 2 untuk memisahkan padatan lumpur aktif dari proses sebelumnya, dimana lumpur aktif akan diresirkulasi ke PLA dan lumpur non aktif atau yang mengandung bakteri mati akan dialirkan ke *thickener* untuk memekatkan lumpur dengan mengurangi air menggunakan cara gravitasi maupun penambahan flokulan serta *filter press* untuk mengeringkan dan memadatkan lumpur hasil endapan dari air limbah. Cairan limbah selanjutnya masuk ke proses *post coagulation* yaitu proses tersier yang hanya dioperasikan jika pada tahap sebelumnya olahan air limbah kurang baik. Sedimentasi 3 merupakan bak penampungan limbah terakhir dari sistem IPAL, sehingga dalam bak ini air limbah sudah jernih.

## **2.7 Derajat Keasaman (pH)**

Konsentrasi ion hidrogen merupakan ukuran kualitas dari air maupun dari air limbah. Adapun kadar yang baik adalah kadar dimana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Nilai pH yang baik bagi air

minum maupun air limbah sebesar 7 (tujuh) atau netral. Semakin kecil nilai pH sampel, maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam (Sugiharto, 2005).

Andayani (2005) menambahkan bahwa derajat keasaman (pH) merupakan parameter kimia yang menunjukkan konsentrasi ion hidrogen pada suatu perairan. Konsentrasi ion hidrogen tersebut dapat mempengaruhi reaksi kimia yang terjadi di lingkungan perairan. Nilai pH mengindikasikan sifat asam atau basa dari suatu air limbah. Cairan yang bersifat netral memiliki pH diangka 7 (Qasim, 1985).

Perubahan keasaman pada air buangan, baik ke arah alkali atau basa (pH naik) maupun ke arah asam (pH turun), akan sangat mengganggu kehidupan ikan dan hewan air disekitarnya. Selain itu, air buangan yang mempunyai pH rendah bersifat sangat korosif terhadap baja dan sering menyebabkan pengkaratan pada pipa-pipa besi (Fardiaz, 1992).

## **2.8 Total Suspended Solids (TSS)**

Total Padatan Tersuspensi atau TSS adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimum 2  $\mu\text{m}$  atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. TSS menyebabkan kekeruhan pada air akibat padatan tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap. TSS terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya (Nasution, 2008).

Padatan tersuspensi juga dapat dihilangkan pada penyaringan melalui media standar halus dengan diameter 1 mikron. Bahan padat tersuspensi dikelompokkan kembali menjadi bahan padat yang tetap (*fixed solids*) dan yang menguap (*volatile solids*). Bahan padat yang menguap merupakan bahan yang bersifat organik yang diharapkan dapat dihilangkan melalui penguraian biologis atau pembakaran. Sedangkan bahan tetap merupakan bahan padat yang sifatnya tetap. Bahan padat tersuspensi juga dapat dikelompokkan menjadi bahan padat yang dapat diendapkan (*settledable solids*) dan bahan padat yang tidak dapat diendapkan (*nonsettledable solids*) secara normal (Alaerts dkk, 1987).

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan disebabkan adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut, maupun bahan anorganik dan organik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain (APHA, 1992).

Peningkatan kandungan padatan tersuspensi dalam air dapat mengakibatkan penurunan kedalaman eufotik, sehingga kedalaman perairan produktif menjadi turun. Penentuan padatan tersuspensi sangat berguna dalam analisis perairan tercemar dan buangan serta dapat digunakan untuk mengevaluasi kekuatan air, buangan domestik, maupun menentukan efisiensi unit pengolahan (Situmorang, 2007).

## 2.9 Gravimetri

Gravimetri dalam ilmu kimia merupakan salah satu metode kimia analitik untuk menentukan kuantitas suatu zat atau komponen yang telah diketahui dengan cara mengukur berat komponen dalam keadaan murni setelah melalui proses pemisahan. Analisis gravimetri melibatkan proses isolasi dan pengukuran berat suatu unsur atau senyawa tertentu. Tahap pengukuran dalam metode gravimetri adalah penimbangan. Analitnya secara fisik dipisahkan dari semua komponen lain dari sampel itu maupun dari pelarutnya (Khopkar, 2008).

Menurut Day dan Underwood (1998), prinsip umum analisis gravimetri biasanya menggunakan perhitungan stoikiometri yang didasarkan pada reaksi seperti



dimana  $a$  molekul analit A yang bereaksi dengan  $r$  molekul reagenya R. Produknya  $A_aR_r$  biasanya merupakan suatu substansi yang sedikit larut yang biasanya ditimbang setelah pengeringan, atau yang dapat dibakar menjadi senyawa lain dengan komposisi yang sudah diketahui, untuk kemudian ditimbang.

Khopkar (2008) menambahkan bahwa bagian terbesar dari penentuan senyawa gravimetri meliputi transformasi unsur atau radikal ke senyawa murni stabil yang dapat segera diubah menjadi bentuk yang dapat ditimbang dengan

teliti. Berat unsur dapat dihitung berdasarkan rumus senyawa dan berat atom unsur-unsur atau senyawa yang dikandung dilakukan dengan berbagai cara, seperti metode pengendapan, metode penguapan, metode elektroanalisis, atau berbagai macam cara lainnya.

## 2.10 Zat-zat Organik

Zat-zat organik merupakan bahan makanan bakteri atau mikroorganisme lainnya. Komponen utamanya ialah karbon, protein, dan lemak atau lipid. Selain itu, sampel yang mengandung zat organik akan mudah membusuk oleh bakteri dengan oksigen terlarut. Zat tersebut dapat ditentukan oleh nilai permanganat dengan metode permanganometri. Ukuran ini menjelaskan jumlah miligram kalium permanganat yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik dalam 1000 mL air pada kondisi mendidih (Sugiharto, 2005).

Bahan-bahan organik dalam air terdiri dari berbagai macam senyawaan. Protein adalah salah satu senyawa kimia organik yang membentuk rantai kompleks, mudah terurai menjadi senyawa-senyawa lain seperti asam amino. Bahan yang mudah larut dalam air akan terurai menjadi enzim dan bakteri tertentu. Bahan ragi akan terfermentasi menghasilkan alkohol. Pati sukar larut dalam air, akan tetapi dapat diubah menjadi gula oleh aktifitas mikrobiologi. Bahan-bahan ini dalam limbah akan diubah oleh mikroorganisme menjadi senyawa kimia yang sederhana seperti karbon dioksida dan air serta amonia (Ginting dkk, 2006).

Kandungan bahan kimia yang ada di dalam air limbah dapat merugikan lingkungan melalui berbagai cara. Bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam air limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih. Selain itu, akan lebih berbahaya apabila bahan tersebut merupakan bahan yang beracun (Sugiharto, 2005).

Beberapa ion logam yang tidak dioksidasi dapat dititrasi secara tidak langsung dengan permanganometri seperti (Basset J., 1994):

1. Ion-ion Ca, Ba, Sr, Pb, Zn, dan Hg yang dapat diendapkan sebagai oksalat. Setelah endapan disaring dan dicuci, dilarutkan dalam  $H_2SO_4$  berlebih

sehingga terbentuk asam oksalat secara kuantitatif. Asam oksalat inilah yang akhirnya dititrasi dan hasil titrasi dapat dihitung banyaknya ion logam yang bersangkutan.

2. Ion-ion Ba dan Pb dapat pula diendapkan sebagai garam khromat. Setelah disaring, dicuci, dan dilarutkan dengan asam, ditambahkan pula larutan baku  $\text{FeSO}_4$  berlebih. Sebagian  $\text{Fe}^{2+}$  dioksidasi oleh khromat tersebut dan sisanya dapat ditentukan banyaknya dengan menitrasinya dengan  $\text{KMnO}_4$ .

Adanya zat organik dalam air menunjukkan bahwa air tersebut telah tercemar oleh kotoran manusia, hewan, atau sumber lain. Makin tinggi kandungan zat organiknya maka sudah pasti bahwa air tersebut sudah tercemar. Adapun gangguan dalam proses analisis bisa diakibatkan oleh tingginya ion klorida, ion tersebut dapat ikut teroksidasi saat pengoksidasian zat organik. Sehingga perlu dilakukan penurunan atau pembebasan zat-zat organik melalui pengolahan yang baik. Salah satu pengujian kadar zat organik ialah dengan penentuan nilai permanganat menggunakan titrimetri.

### **2.11 Permanganometri**

Limbah adalah sampah cair dari suatu lingkungan masyarakat dan terutama terdiri dari air yang telah dipergunakan dengan hampir 0,1% dari padanya berupa benda-benda padat yang terdiri dari zat organik dan anorganik (Mahida, 1984). Zat organik adalah zat yang pada umumnya merupakan bagian dari binatang atau tumbuh-tumbuhan dengan komponen utamanya ialah karbon, protein, dan lemak. Zat organik ini mudah sekali mengalami pembusukan oleh bakteri dengan menggunakan oksigen terlarut dalam limbah (Donald dkk, 1979).

Salah satu metode untuk pengujian terhadap zat organik adalah permanganometri. Titrasi permanganometri melibatkan reaksi reduksi oksidasi yang dipergunakan secara luas dalam analisa titrimetri (Underwood dkk, 2005). Prinsip kerja metode permanganometri ialah mengoksidasi sampel limbah dengan kalium permanganat dan sisa dari kalium permanganat direduksi oleh asam

oksalat berlebih. Sehingga kelebihan dari asam oksalat dititrasi kembali dengan kalium permanganat (BSN, 2004)<sup>c</sup>.

Kalium permanganat secara luas digunakan untuk penentuan bahan kimia anorganik dan organik, karena ion permanganat merupakan oksidator yang sangat kuat memiliki laju reaksi cepat dengan kebanyakan reduktan. Permanganat bertindak sebagai indikator diri untuk mendeteksi titik akhir karena permanganat berwarna ungu. Larutan standar permanganat memiliki kelemahan antara lain stabilitas rendah, mekanisme reaksi yang rumit, reaksi samping, dan selektivitas yang kurang. Namun kelemahan tersebut dapat diatasi dengan persiapan solusi cermat dan penyimpanan serta mengendalikan kondisi titrasi (Na Li dkk, 2013).

## 2.12 Presisi

Pengujian presisi bertujuan untuk mengetahui kedekatan antara hasil uji yang satu dengan yang lainnya pada suatu pengujian yang diukur melalui penyebaran dan rata-rata pengukuran yang dilakukan secara berulang pada sampel-sampel yang dianalisis dari campuran yang homogen (Harmita, 2004). Presisi menggambarkan kesalahan acak dan variabilitas data yang diperoleh.

Presisi dapat dinyatakan sebagai keterulangan (*repeatability*) dan ketertiruan (*reproducibility*). Riyanto (2002) menjelaskan bahwa keterulangan adalah keseksamaan metode jika dilakukan berulang kali oleh analis yang sama pada kondisi sama dan dalam interval waktu yang pendek. *Repeatability* dinilai melalui pelaksanaan penetapan terpisah lengkap terhadap sampel-sampel identik yang terpisah dari batch yang sama, jadi memberikan ukuran keseksamaan pada kondisi yang normal.

Ketertiruan merupakan keseksamaan metode jika dikerjakan pada kondisi yang berbeda. Umumnya analisis dilakukan dalam laboratorium-laboratorium yang berbeda menggunakan peralatan, pereaksi, pelarut, dan analis yang berbeda pula. Analisis dilakukan terhadap sampel-sampel yang diduga identik yang dicuplik dari batch yang sama. *Reproducibility* dapat juga dilakukan dalam laboratorium yang sama dengan menggunakan peralatan, pereaksi, dan analis yang berbeda (Riyanto, 2002).



Presisi yang baik salah satunya dapat dinyatakan dengan *Relative Percent Different* (RPD) menggunakan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis. Perbedaan RPD terhadap dua penentuan atau replikasi adalah di bawah 5%, sehingga bila nilai RPD lebih besar dari 5% maka penentuan suatu analisis harus diulang (BSN, 2004)<sup>a</sup>.

Selain RPD, presisi juga dapat dinyatakan dengan *Relative Standard Deviation* (RSD) yang diukur dengan menghitung relatif standar deviasi dari beberapa proses ulangan dan dari nilai simpangan baku tersebut dapat dihitung nilai koefisien varian (CV Horwitz) (Harvey, 2000). Suatu metode analisis dapat dikatakan baik jika nilai presisinya semakin kecil. Penentuan dari RPD dapat dilakukan terhadap sampel yang dianalisis dengan minimal dua kali pengulangan dan RSD untuk analisis sampel dengan pengulangan lebih dari dua kali atau minimal lima kali pengulangan.



## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Analisis Penentuan pH, TSS, dan Kadar Zat Organik**

##### **3.1.1 Alat**

Alat yang digunakan dalam pengujian adalah alat kimia gelas merk Pyrex, botol aquades, botol gelap, cawan porselin, desikator, kertas Whatman 40, oven merk Memmert, neraca analitik merk Menler Toledo, pemanas ,pH meter merk Hanna, dan wadah sampel.

##### **3.1.2 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam pengujian adalah aquades, asam oksalat (*Merck*), asam sulfat (*Merck*), kalium permanganat (*Merck*), dan sampel limbah.

##### **3.1.3 Sampel**

Sampel yang digunakan berasal dari bak inlet, bak sedimentasi 1, sedimentasi 2, dan sedimentasi 3. Sampel diambil dari masing-masing bak sesuai kebutuhan dan diambil setiap hari untuk analisis.

#### **3.2 Prosedur Kerja**

##### **3.2.1 Penentuan Derajat Keasaman (pH) menggunakan pH meter**

Penentuan derajat keasaman atau pH dilakukan dengan pengambilan contoh uji bak inlet dan sedimentasi 3 masing-masing sebanyak 100 mL. Larutan buffer 4, 7, dan 10 disiapkan untuk kalibrasi alat pH meter. Elektroda pH meter dicuci dengan aquades dan dikeringkan dengan kertas tisu. Elektroda yang sudah kering kemudian dicelupkan dalam sampel sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap. Hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan pH meter dicatat (BSN, 2004)<sup>b</sup>.

### **3.2.2 Penentuan Kadar Total Padatan Tersuspensi (TSS) secara Gravimetri**

Penentuan kadar TSS dilakukan dengan metode gravimetri pada sampel inlet dan sedimentasi 3. Kertas saring Whatman 40 dioven selama 10 menit dalam suhu 104° C untuk menghilangkan kadar airnya. Setelah itu didinginkan sebentar dalam desikator lalu timbang beratnya hingga konstan sebagai berat awal. Sampel dihomogenkan dan di ambil 100 mL lalu disaring menggunakan kertas Whatman. Setelah itu, dioven selama 60 menit pada suhu 105° C kemudian didinginkan dalam desikator agar tidak mempengaruhi beratnya saat ditimbang. Sampel kemudian ditimbang hingga konstan sebagai berat akhir. Hasil pengujian yang diperoleh dicatat dan dihitung kadar TSS dalam mg/L (BSN, 2004)<sup>a</sup>.

### **3.2.3 Penentuan Kadar Zat Organik secara Titrimetri**

#### **3.2.3.1 Standarisasi Larutan KMnO<sub>4</sub> 0,01 N**

Sebanyak 0,15803 gram KMnO<sub>4</sub> dilarutkan dengan 100 mL aquades. Larutan tersebut kemudian dihomogenkan dan disimpan dalam botol gelap. Sebanyak 100 mL aquades dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 8 N yang bebas zat organik sebanyak 5 mL lalu dipanaskan hingga 70° C selama 10 menit. Selanjutnya larutan ditambahkan 10 mL larutan baku asam oksalat 0,01 N dan dititrisi dengan larutan KMnO<sub>4</sub> 0,01 N sampai warna merah muda. Titrisi dilakukan secara duplo untuk masing-masing sampel. Volume akhir titrasi dicatat dan dihitung untuk menentukan normalitas KMnO<sub>4</sub> yang sebenarnya (BSN, 2004)<sup>c</sup>.

#### **3.2.3.2 Penentuan Nilai Permanganat**

##### **a) Penentuan Nilai Permanganat sampel limbah Inlet**

Sampel limbah diambil sebanyak 2,5 mL lalu diencerkan dengan aquades sampai volumenya 100 mL. Kemudian ditambahkan KMnO<sub>4</sub> 0,01 N beberapa tetes ke dalam sampel hingga terjadi perubahan warna merah muda dan 5 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 8 N yang bebas zat organik lalu dipanaskan pada suhu 70°C, bila terdapat bau H<sub>2</sub>S pendidihan diteruskan beberapa menit. Selanjutnya larutan

tersebut diangkat dan ditambahkan 10 mL larutan baku  $\text{KMnO}_4$  0,01 N, kemudian dipanaskan kembali sampai mendidih selama 10 menit. Larutan diangkat dan ditambahkan 10 mL larutan baku asam oksalat 0,01 N, lalu dititiasi dengan larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai warna ungu. Titrasi dilakukan secara duplo untuk tiap sampel. Hasil volume akhir titrasi dicatat dan dihitung nilai permanganatnya (BSN, 2004)<sup>c</sup>.

**b) Penentuan Nilai Permanganat sampel limbah Sedimentasi 1**

Sampel limbah diambil sebanyak 5 mL lalu diencerkan dengan aquades sampai volumenya 100 mL. Kemudian ditambahkan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N beberapa tetes ke dalam sampel hingga terjadi perubahan warna merah muda dan 5 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  8 N yang bebas zat organik lalu dipanaskan pada suhu 70°C, bila terdapat bau  $\text{H}_2\text{S}$  pendidihan diteruskan beberapa menit. Selanjutnya larutan tersebut diangkat dan ditambahkan 10 mL larutan baku  $\text{KMnO}_4$  0,01 N, kemudian dipanaskan kembali sampai mendidih selama 10 menit. Larutan diangkat dan ditambahkan 10 mL larutan baku asam oksalat 0,01 N, lalu dititiasi dengan larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai warna ungu. Titrasi dilakukan secara duplo untuk tiap sampel. Hasil volume akhir titrasi dicatat dan dihitung nilai permanganatnya (BSN, 2004)<sup>c</sup>.

**c) Penentuan Nilai Permanganat sampel limbah sedimentasi 2**

Sampel limbah diambil sebanyak 25 mL lalu diencerkan dengan aquades sampai volumenya 100 mL. Kemudian ditambahkan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N beberapa tetes ke dalam sampel hingga terjadi perubahan warna merah muda dan 5 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  8 N yang bebas zat organik lalu dipanaskan pada suhu 70°C, bila terdapat bau  $\text{H}_2\text{S}$  pendidihan diteruskan beberapa menit. Selanjutnya larutan tersebut diangkat dan ditambahkan 10 mL larutan baku  $\text{KMnO}_4$  0,01 N, kemudian dipanaskan kembali sampai mendidih selama 10 menit. Larutan diangkat dan ditambahkan 10 mL larutan baku asam oksalat 0,01 N, lalu dititiasi dengan larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai warna ungu. Titrasi dilakukan secara duplo untuk tiap sampel. Hasil volume akhir titrasi dicatat dan dihitung nilai permanganatnya (BSN, 2004)<sup>c</sup>.

#### **d) Penentuan Nilai Permanganat sampel limbah Sedimentasi 3**

Sampel limbah diambil sebanyak 25 mL lalu diencerkan dengan aquades sampai volumenya 100 mL. Kemudian ditambahkan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N beberapa tetes ke dalam sampel hingga terjadi perubahan warna merah muda dan 5 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan konsentrasi 8 N yang bebas zat organik lalu dipanaskan pada suhu  $70^\circ\text{C}$ , bila terdapat bau  $\text{H}_2\text{S}$  pendidihan diteruskan beberapa menit. Selanjutnya larutan tersebut diangkat dan ditambahkan 10 mL larutan baku  $\text{KMnO}_4$  0,01 N, kemudian dipanaskan kembali sampai mendidih selama 10 menit. Larutan diangkat dan ditambahkan 10 mL larutan baku asam oksalat 0,01 N, lalu dititrasi dengan larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai warna ungu. Titrasi dilakukan secara duplo untuk tiap sampel. Hasil volume akhir titrasi dicatat dan dihitung nilai permanganatnya (BSN, 2004)<sup>c</sup>.



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pabrik kertas daur ulang PT. Papertech Indonesia Unit II Magelang berlokasi di desa Mungkid kabupaten Magelang yang berada tepat di belakang PN. Kertas Magelang yang sudah tidak beroperasi. Keberadaan pabrik ini sangat membantu perekonomian masyarakat di sekitarnya. PT. Papertech memproduksi kertas yang berasal dari kertas daur ulang sudah beroperasi sejak tahun 2003. Semakin hari semakin meningkat produksi kertas yang dihasilkan akan berdampak dengan semakin meningkatnya limbah dari hasil produksi. Tidak hanya buburan kertas atau plastik, tetapi adapula limbah B3 seperti *bottom ash*, limbah udara, dan limbah cair yang mengandung bahan-bahan tambahan kimia.

Pembuangan limbah cair biasa akan dialirkan ke badan sungai Kali Mangu di dekat pemukiman warga. Aktifitas tersebut tentunya akan berdampak buruk jika kualitas air limbah yang dibuang tidak diproses terlebih dahulu. Perubahan kondisi kualitas air disebabkan oleh penggunaan lahan, waktu, curah hujan, dan aktivitas manusia yang mengakibatkan pencemaran air sungai, baik fisik, kimia, maupun biologi (Martopo, 1988). Adanya pencemaran lingkungan, khususnya sungai yang berasal dari limbah industri menjadikan fokus masalah oleh suatu industri tersebut. Pencemaran air oleh aktivitas manusia lebih besar negatifnya karena terjadi setiap hari dan meningkat sebanding dengan bertambahnya penduduk.

Pencemaran terjadi apabila kadar parameter melampaui baku mutu yang dipersyaratkan. Analisis kualitas air limbah dilakukan dengan membandingkan hasil yang diperoleh dengan baku mutu air limbah berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang baku mutu air limbah khususnya limbah industri kertas. Dampak pencemaran limbah terhadap lingkungan harus dilihat dari jenis parameter pencemar dan konsentrasinya dalam air limbah. Suatu limbah dari satu sisi mempunyai parameter tunggal dengan konsentrasi yang relatif tinggi, namun disisi lain limbah dengan 10 parameter tapi dengan konsentrasi yang juga melewati ambang batas. Persoalannya bukan mana

lebih baik dari pada yang terburuk, melainkan seharusnya lebih mendapat prioritas (Ginting dkk, 2006).

**Tabel 4.1 Parameter Kualitas Air Limbah Industri Kertas**

Parameter	Kertas Kasar	
	Kadar Maksimum (mg/L)	Beban Pencemaran Maksimum (kg/ton)
BOD <sub>5</sub>	90	3,6
COD	175	7,0
TSS	80	3,2
Debit Maksimum	40 m <sup>3</sup> / ton produk	
pH	6,0 - 9,0	

(Sumber: Syarat Mutu Kualitas Air Limbah Industri *pulp* dan Kertas menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 tahun 2012)

Parameter yang diuji terdiri dari penentuan pH, TSS, dan kadar zat organik. Sampel yang digunakan pada penentuan pH dan TSS berasal dari bak inlet dan sedimentasi 3 untuk memeriksa keadaan air limbah secara kualitatif. Kadar zat organik menggunakan sampel dari 4 bak pengolahan yaitu inlet, sedimentasi 1, sedimentasi 2, dan sedimentasi 3 agar sistem pengolahan limbah bisa tertelusur dengan baik.

#### 4.1 Parameter Fisika

Parameter fisika yang digunakan dalam penentuan kualitas air limbah meliputi pengukuran pH dan TSS.

##### 4.1.1 Penentuan Derajat Keasaman (pH)

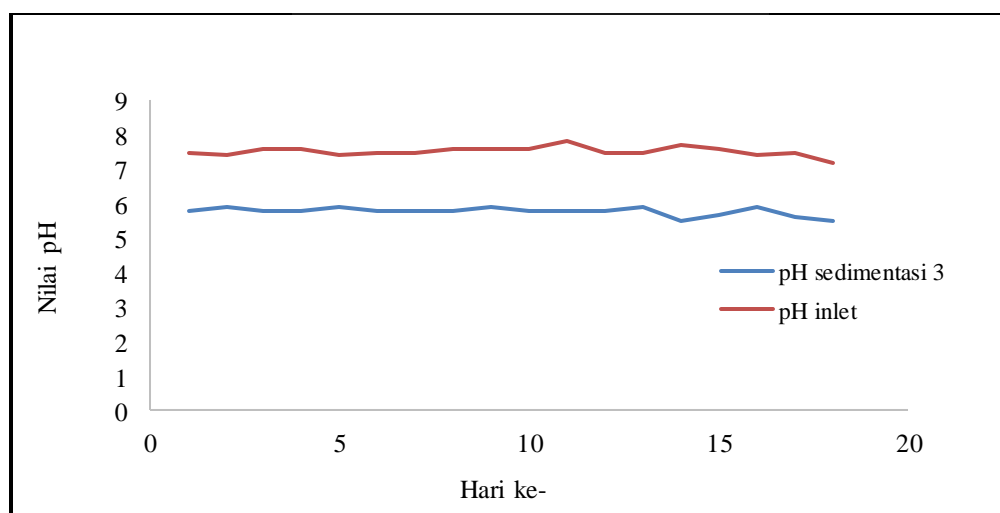
Industri yang menggunakan bahan kimia yang bersifat asam atau basa dalam prosesnya besar kemungkinan akan menghasilkan limbah cair yang juga memiliki sifat asam atau basa. Perubahan pH (tingkat keasaman/konsentrasi ion hidrogen) air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan memiliki pH netral dengan kisaran nilai 6,5 – 7,5. Air limbah industri yang belum terolah dan memiliki pH diluar nilai pH netral, akan mengubah pH air sungai dan dapat mengganggu kehidupan organisme di dalamnya. Hal ini akan semakin parah jika

daya dukung lingkungan rendah serta debit air sungai rendah. Limbah dengan pH asam/rendah bersifat korosif terhadap logam (Widjajanti, 2009).

Prinsip yang digunakan untuk pengukuran pH adalah contoh uji diambil dari bak inlet dan sedimentasi 3 pada sistem pengolahan limbah cair. Nilai pH diukur menggunakan pH meter yang telah terkalibrasi dan dicatat hasilnya. Metode ini didasarkan oleh pengukuran aktifitas ion hidrogen secara elektrometri dengan menggunakan pH meter (BSN, 2004)<sup>b</sup>. Hasil yang diperoleh dari pengukuran pH limbah cair pabrik kertas dengan menggunakan contoh uji inlet dan sedimentasi 3 dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan perbandingan hasil pengamatan nilai pH dari kedua sampel dapat dilihat dari Gambar 4.1.

**Tabel 4.2 Pengukuran pH Sampel Inlet dan Sedimentasi 3**

Hari ke-	pH inlet	pH sedimentasi 3	Hari ke-	pH inlet	pH sedimentasi 3
1	5,8	7,5	10	5,8	7,6
2	5,9	7,4	11	5,8	7,8
3	5,8	7,6	12	5,8	7,5
4	5,8	7,6	13	5,9	7,5
5	5,9	7,4	14	5,5	7,7
6	5,8	7,5	15	5,7	7,6
7	5,8	7,5	16	5,9	7,4
8	5,8	7,6	17	5,6	7,5
9	5,9	7,6	18	5,5	7,2



**Gambar 4.1 Hasil Penentuan pH Sampel Inlet dan Sedimentasi 3**



Gambar 4.1 menunjukkan bahwa contoh uji limbah cair pabrik kertas dari bak inlet cenderung konstan dan berada pada rata-rata pH 5,78 yang masih bersifat asam. Suasana asam memberikan indikasi bahwa konsentrasi ion hidrogen lebih besar dari ion hidroksida. Pergeseran derajat keasaman ini, yang disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi salah satu ion dipastikan akan mengganggu kehidupan biota air (Hermawan, 2000). Sampel yang berasal dari bak inlet akan cenderung memiliki pH asam karena sebagian besar bahan kimia tambahan untuk proses produksi memiliki sifat asam. Sebelum dibuang, limbah dari bak inlet akan diolah supaya nilai pHnya menjadi netral atau kurang dari batas maksimum. Selanjutnya, hasil pengukuran pH dari sampel sedimentasi 3 mengalami peningkatan menjadi 7,53. Berdasarkan Peraturan Gubernur Nomor 5 tahun 2012 tentang baku mutu limbah cair menyatakan bahwa batas nilai maksimal untuk pH dalam limbah cair industri sebesar 6-9, maka limbah yang akan dibuang ke sungai tidak melebihi ambang batas.

Derajat keasaman suatu perairan, baik tumbuhan maupun hewan sehingga sering dipakai sebagai petunjuk untuk menyatakan baik atau buruknya suatu perairan (Odum, 1971). Derajat keasaman ini sangat penting sebagai parameter kualitas air karena ia mengontrol tipe dan laju kecepatan reaksi beberapa bahan di dalam air. Selain itu ikan dan makhluk-makhluk akuatik lainnya hidup pada selang pH tertentu, sehingga dengan diketahuinya nilai pH maka kita akan tahu apakah air tersebut sesuai atau tidak untuk menunjang kehidupan mereka. Fluktuasi pH air sangat ditentukan oleh alkalinitas air tersebut. Apabila alkalinitasnya tinggi maka air tersebut akan mudah mengembalikan pH-nya ke nilai semula, dari setiap gangguan terhadap perubahan pH. Dengan demikian kunci dari penurunan pH terletak pada penanganan alkalinitas dan tingkat kesadahan air. Apabila hal ini telah dikuasai maka penurunan pH akan lebih mudah dilakukan (Svehla, 1985).

#### **4.1.2 Penentuan Kadar *Total Suspended Solid* (TSS)**

Total Padatan Tersuspensi atau TSS adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimum 2  $\mu\text{m}$  atau lebih besar

dari ukuran partikel koloid, seperti lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur. Nilai TSS umumnya dihilangkan dengan flokulasi dan penyaringan. Parameter TSS memberikan kontribusi untuk kekeruhan (*turbidity*) dengan membatasi penetrasi cahaya untuk fotosintesis dan visibilitas di perairan. Padatan tersuspensi merupakan pencemar umum yang terdapat seluruh perairan alam, bahkan di perairan alami yang masih bersih dan belum tercemar juga dijumpai padatan tersuspensi dalam bentuk liat, debu, dan pasir yang disebabkan kikisan tanah yang terbawa badan air (Saeni, 1989). Mahida (1984) menambahkan bahwa kekeruhan perairan umumnya disebabkan oleh buangan penduduk seperti dari sisa makanan dan buah, sisa kertas dan sisa kain bekas yang akan menjadi bahan tersuspensi.

Prinsip penentuan kadar TSS menggunakan metode gravimetri yang mengacu pada SNI 06-6989.3-2004 adalah penyaringan contoh uji dari bak inlet dan sedimentasi 3 yang sebelumnya telah dihomogenkan, dengan kertas saring yang telah ditimbang dan dikeringkan terlebih dahulu agar terbebas dari kadar air. Residu yang tertahan pada kertas saring dikeringkan sampai mencapai berat konstan pada suhu  $104^{\circ} \text{C} \pm 10^{\circ} \text{C}$  selama kurang lebih 1 jam. Kenaikan berat saringan mewakili padatan tersuspensi total (TSS). Hasil penentuan kadar padatan tersuspensi total (TSS) dalam limbah cair pada contoh uji dari bak inlet dan sedimentasi 3 di pabrik kertas PT. Papertech Indonesia Cabang Magelang disajikan pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3 Pengukuran Kadar TSS Sampel Inlet dan Sedimentasi 3**

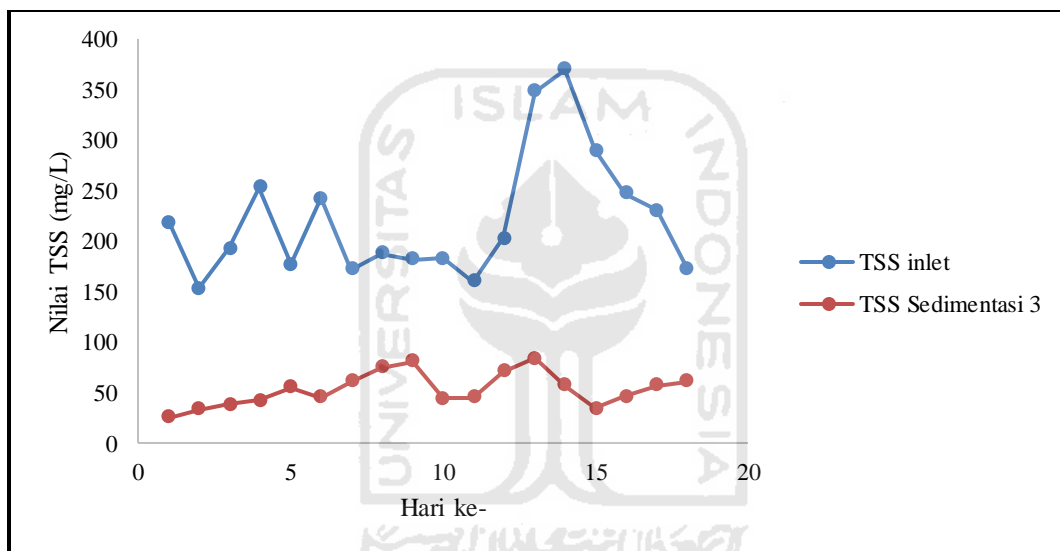
Hari ke-	TSS Inlet (mg/L)	TSS Sedimentasi 3 (mg/L)	Hari ke-	TSS Inlet (mg/L)	TSS Sedimentasi 3 (mg/L)
1	218	25	10	182	43
2	152	33	11	159	44
3	192	37	12	202	70
4	252	41	13	347	83
5	176	54	14	369	56
6	242	44	15	289	34
7	171	60	16	246	45
8	187	74	17	230	56
9	181	80	18	172	60

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai rata-rata TSS dalam sampel limbah dari bak inlet sebesar 220,89 mg/L. Menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 tahun 2012 tentang baku mutu limbah cair menyatakan bahwa batas nilai maksimal untuk *Total Suspended Solid* (TSS) dalam limbah cair kertas kasar sebesar 80 mg/L. Sampel tersebut telah melebihi ambang batas, sehingga dilakukan beberapa pengolahan agar kadar TSS bisa diturunkan sebelum dibuang ke badan sungai. Bahan-bahan tersuspensi dan terlarut pada perairan alami bersifat toksik, akan tetapi jika berlebihan dapat menyebabkan nilai kekeruhan yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke kolam air limbah dan akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis (Effendi, 2003). Zat padat tersuspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya gravitasi (Alaerts dkk, 1987).

Sampel inlet memiliki kadar padatan tersuspensinya tertinggi yaitu pada hari ke-14 senilai 369 mg/L jika dilihat dari hasil pengujian pada Gambar 4.2 dikarenakan adanya proses *Shut Down* atau pemberhentian sementara semua alat-alat produksi untuk membersihkan dan perawatan alat tersebut. Hal tersebut menyebabkan fiber-fiber kertas dari buburan langsung masuk ke bak inlet. Kegiatan ini dilakukan setiap sebulan sekali pada minggu kedua atau ketiga. Selama kegiatan berlangsung, banyak bahan-bahan baku maupun bahan-bahan tambahan yang langsung terdorong ke area pengolahan limbah, sehingga tingkat kekeruhan menjadi sangat tinggi yang dapat berdampak pada tingginya nilai TSS dari bagian inlet.

Sampel dari bak sedimentasi 3 memiliki nilai TSS rata-rata sebesar 52,17 mg/L yang sudah sesuai dengan baku mutu pemerintah. Penurunan nilai TSS dari sampel inlet dan sedimentasi 3 menunjukkan jika zat-zat organik mampu terurai dengan baik dalam tiap unit pengolahan limbah. Adanya proses pengendapan, penyaringan, dan flokulasi memberikan dampak yang baik untuk meminimalisir potensi cemaran limbah industri. Zat organik maupun lumpur atau padatan yang sebelumnya banyak tertahan di kertas saring dapat diolah dengan baik sehingga padatan-padatan yang tersuspensi berkurang saat akan dibuang ke badan sungai.

Secara visual limbah sedimentasi 3 berwarna jernih, tidak berbau tajam, tidak terdapat lumpur, dan encer yang dibuktikan oleh penurunan kadar TSS yang semula melebihi baku mutu kualitas air limbah. Hal tersebut mengindikasikan jika air limbah mengandung cukup oksigen dan cahaya matahari yang dapat masuk ke dalam air. Hubungan linear antara kekeruhan dengan transfer cahaya dan proses fotosintesis menjadi alasan dasar mengapa kekeruhan yang terjadi akibat nilai TSS yang tinggi merupakan salah satu indikator kualitas air (Hermawan, 2000). Perbandingan nilai TSS sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan limbah dapat dilihat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2 Hasil Penentuan Kadar TSS Sampel Inlet dan Sedimentasi 3**

Berdasarkan Gambar 4.2 terlihat bahwa grafik menunjukkan nilai TSS yang cenderung stabil pada sebelum dan sesudah proses *shut down*. Rata-rata nilai TSS sampel inlet dan sedimentasi 3 sebelum hari ke-14 mencapai 204,69 mg/L dan 52,92 mg/L dengan penurunan nilai TSS sebesar 75%. Hal tersebut disebabkan oleh adanya proses pengolahan limbah secara fisika, biologi, maupun kimia diantaranya proses flotasi, sedimentasi, koagulasi, dan flokulasi.

Menurut Hamsar (2003) tahap pendahuluan dilakukan pengolahan fisika meliputi proses sedimentasi dan flotasi untuk mengurangi kandungan TSS dalam limbah cair. Sedimentasi digunakan untuk memisahkan TSS dalam limbah cair dengan mengendapkan TSS yang berat jenisnya lebih besar dari cairan limbah. Proses flotasi atau pengapungan bertujuan untuk memisahkan padatan terapung

atau kotoran-kotoran lain yang mempunyai berat jenis lebih rendah dari cairan limbah.

Limbah yang diolah secara biologi memanfaatkan populasi mikroorganisme yang dapat menguraikan zat organik terlarut dalam air limbah menjadi bahan seluler yang baru dan sumber tenaga. Zat organik dalam TSS dapat diturunkan kandungannya melalui proses biologi yang melibatkan bakteri anaerobik seperti metanogen untuk merombak zat-zat organik seperti karbohidrat, lemak, dan protein menjadi biogas (Eckenfelder, 1988). Sehingga zat organik akan berkurang yang mengakibatkan nilai TSS turun.

Pengolahan kimia dimaksudkan untuk mengurangi TSS dengan memisahkan partikel-partikel tersuspensi dan koloid yang sulit terpisah di pengolahan fisika. Koagulasi digunakan untuk menyerap partikel koloid dengan penambahan koagulan yang mampu mengikat partikel-partikel tersebut membentuk gumpalan atau flok dengan menambahkan koagulan (Hamsar, 2003). Salah satu koagulan yang sering digunakan dalam pengolahan limbah adalah alum atau tawas. Alum akan membentuk ion hidroksida anorganik yang dapat menetralsir partikel tersuspensi dalam air (alkali) seperti reaksi berikut:



(Sumber: Jiang dkk, 1997)

Proses flokulasi bertujuan untuk meningkatkan kontak antara partikel koloid yang terdestabilisasi sehingga dapat terjadi penggabungan antar mikroflok menjadi flok yang lebih besar dengan penambahan flokulan (Hamsar, 2003).

Pengujian kadar TSS dalam limbah merupakan analisa awal untuk mengetahui banyaknya zat-zat organik yang terkandung dalam suatu sampel. Nilai TSS akan berdampak terhadap tingkat kekeruhan dan kadar zat organik yang memiliki hubungan linear atau semakin tinggi nilai TSS maka semakin banyak zat-zat organik di dalam air yang menyebabkan kekeruhan. Limbah cair yang memiliki nilai TSS di atas 100 mg/L umumnya sudah dianggap berpotensi menimbulkan kekeruhan dan menimbulkan persepsi adanya pencemaran (Adinugroho dkk, 2006). Pengolahan lanjutan diperlukan untuk mendegradasi zat-zat tersebut agar kualitas air limbah menjadi baik.

## 4.2 Parameter Kimia

### 4.2.1 Penentuan Kadar Zat Organik

Adanya bahan organik dalam air erat hubungannya dengan terjadinya perubahan fisik dari air yaitu timbulnya bau, rasa, warna, dan kekeruhan yang tidak diinginkan. Zat organik dapat diketahui dengan menentukan angka permanganat. Walaupun  $\text{KMnO}_4$  sebagai oksidator tidak mengoksidasi semua zat organik yang ada. Namun cara ini sangat praktis dan cepat pengerjaannya. Adapun zat organik yang dapat dioksidasi adalah karbohidrat, phenol dan sisa peragian (Sutrisno, 2010)

Nilai kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$  value) didefinisikan sebagai jumlah mg  $\text{KMnO}_4$  yang diperlukan untuk mengoksidasi zat organik yang terdapat di dalam satu liter contoh air dengan dididihkan selama 10 menit. Proses oksidasi tersebut dimungkinkan hanya sebagian atau seluruh zat organik tersebut teroksidasi. Proses oksidasi untuk penetapan nilai kalium permanganat dapat dilakukan dalam kondisi asam atau kondisi basa, akan tetapi oksidasi dalam kondisi asam adalah lebih kuat, dengan demikian ion-ion klorida yang terdapat pada contoh air akan ikut teroksidasi (Basset J., 1994).

Reaksi oksidasi  $\text{KMnO}_4$  dalam kondisi asam :

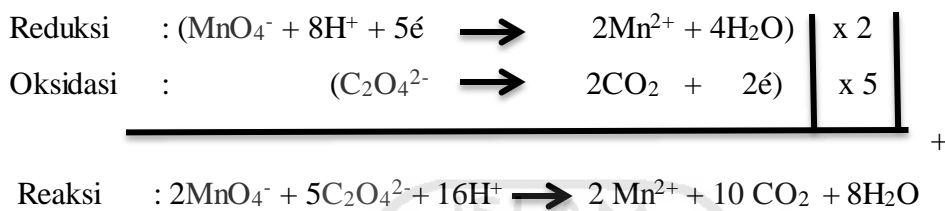


(Sumber: Basset J., 1994)

Oleh karena itu oksidasi kalium permanganat dalam kondisi basa dianjurkan untuk pemeriksaan contoh air yang mengandung kadar klorida lebih dari angka 300 mg/L. Zat - zat organik lain yang dapat mengganggu penetapan nilai kalium permanganat adalah ion – ion reduktor seperti ferro, sulfida dan nitrit.

Permanganometri merupakan titrasi yang dilakukan berdasarkan reaksi oleh kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ). Reaksi ini difokuskan pada reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi antara  $\text{KMnO}_4$  dengan bahan baku tertentu. Prinsip penentuan kadar zat organik atau nilai permanganat adalah mengoksidasi sampel limbah dengan  $\text{KMnO}_4$ , kemudian sisa  $\text{KMnO}_4$  direduksi oleh asam oksalat berlebih, kelebihan asam oksalat dititrasi kembali dengan  $\text{KMnO}_4$  (BSN, 2004)<sup>c</sup>.

Larutan kalium permanganat dibakukan terlebih dahulu untuk mengetahui konsentrasi larutan standar sebenarnya menggunakan larutan asam oksalat. Larutan blanko yang digunakan adalah aquades secara duplo. Selama proses titrasi tidak memerlukan indikator, karena kalium permanganat dapat bertindak sebagai autoindikator dalam analitnya. Adanya perubahan warna menjadi merah rosa atau ungu lembayung merupakan indikasi terjadinya titik akhir titrasi (Basset J., 1994). Menurut Basset J. (1994) reaksi yang terjadi dalam titrasi standarisasi adalah:



Konsentrasi larutan baku  $\text{KMnO}_4$  yang diperoleh ialah 0,01 N. Proses selanjutnya adalah pengambilan sampel dari tiap tempat pada waktu yang sama tetapi suhu yang berbeda setelah diukur temperaturnya. Kepekatan sampel-sampel yang akan dianalisis nantinya akan diencerkan supaya konsentrasinya lebih rendah, kemudian dilakukan pengambilan sampel dilakukan titrasi untuk penentuan kadar zat organik atau nilai permanganatnya dengan perlakuan yang sama seperti blanko. Berdasarkan jalannya reaksi yang terjadi sampel dalam pengujian permanganometri mengalami reaksi yang lambat bila tidak direaksikan dengan larutan standar, dalam hal ini diperlukan penambahan zat ketiga yang telah diketahui kepekatannya dan jumlahnya diukur tetapi berlebihan dan kelebihannya dititrasi dengan larutan baku. Sehingga penetapan kadar zat organik dengan metode permanganometri menggunakan SNI 06-6989.22 tahun 2004. Kadar yang ditentukan berasal dari konsentrasi blanko yang dikurangi dengan konsentrasi sampel.

Tabel 4.4 menunjukkan rentang volume baku mutu untuk titrasi permanganometri, yaitu sebesar 3-7 mL (BSN, 2004)<sup>c</sup>, sehingga perubahan warna larutan tidak berubah dari tidak berwarna menjadi ungu, tetapi saat penambahan asam oksalat pada larutan sampel tetap berwarna ungu. Setiap sampel memiliki faktor pengenceran yang berbeda, dikarenakan tingkat kepekatan sampel yang berbeda pula. Kadar zat organik dalam pengujian ini diasumsikan sebagai angka

permanganat. Perolehan rata-rata hasil penentuan kadar zat organik pada Tabel 4.4 sampel dari bak inlet menuju pengolahan ke bak sedimentasi 1, sedimentasi 2, dan terakhir ke bak sedimentasi 3 yaitu 513,32 mg/L; 243,32 mg/L; 50,35 mg/L; dan 27,14 mg/L.

**Tabel 4.4 Pengukuran Angka Permanganat dalam Sampel**

Inlet			Sedimentasi 1			Sedimentasi 2			Sedimentasi 3		
VT (mL)	FP	AP (mg/L)	VT (mL)	FP	AP (mg/L)	VT (mL)	FP	AP (mg/L)	VT (mL)	FP	AP (mg/L)
4,0	40	505,60	3,8	20	240,16	3,3	4	41,71	4,5	2	28,44
3,6	40	455,04	3,9	20	246,48	3,8	4	48,03	3,7	2	23,38
3,0	40	397,20	3,0	20	189,60	3,4	4	42,98	3,3	2	20,86
3,4	40	429,76	3,6	20	227,52	3,1	4	39,18	3,1	2	19,59
3,6	40	455,04	3,0	20	189,60	3,0	4	37,92	3,2	2	20,22
5,0	40	632,00	3,2	20	202,24	3,1	4	39,18	3,5	2	22,12
3,5	40	442,40	3,0	20	189,60	4,1	4	51,82	3,0	2	18,96
3,5	40	442,40	4,5	20	284,40	5,2	4	65,73	4,0	2	25,28
4,6	40	581,44	3,1	20	195,92	3,0	4	37,92	3,0	2	18,96
5,0	40	632,00	4,6	20	290,72	5,2	4	65,73	6,1	2	38,55
5,0	40	632,00	4,8	20	303,36	3,6	4	45,50	5,9	2	37,29
3,9	40	492,96	3,6	20	227,52	4,8	4	60,67	3,5	2	22,12
4,0	40	505,60	3,6	20	227,52	3,6	4	45,504	5,9	2	37,29
5,2	40	657,28	5,0	20	316,00	6,5	4	82,16	7,3	2	46,14
3,8	40	480,32	3,9	20	246,48	3,3	4	41,71	3,7	2	23,38
3,9	40	492,96	4,3	20	271,76	4,4	4	55,61	6,3	2	39,81
4,0	40	505,60	3,6	20	227,52	4,8	4	60,67	3,4	2	21,49
4,1	40	518,24	4,8	20	303,36	4,0	4	50,56	3,9	2	24,65
$\bar{x}$		<b>513,32</b>	$\bar{x}$		<b>243,32</b>	$\bar{x}$		<b>50,35</b>	$\bar{x}$		<b>27,14</b>

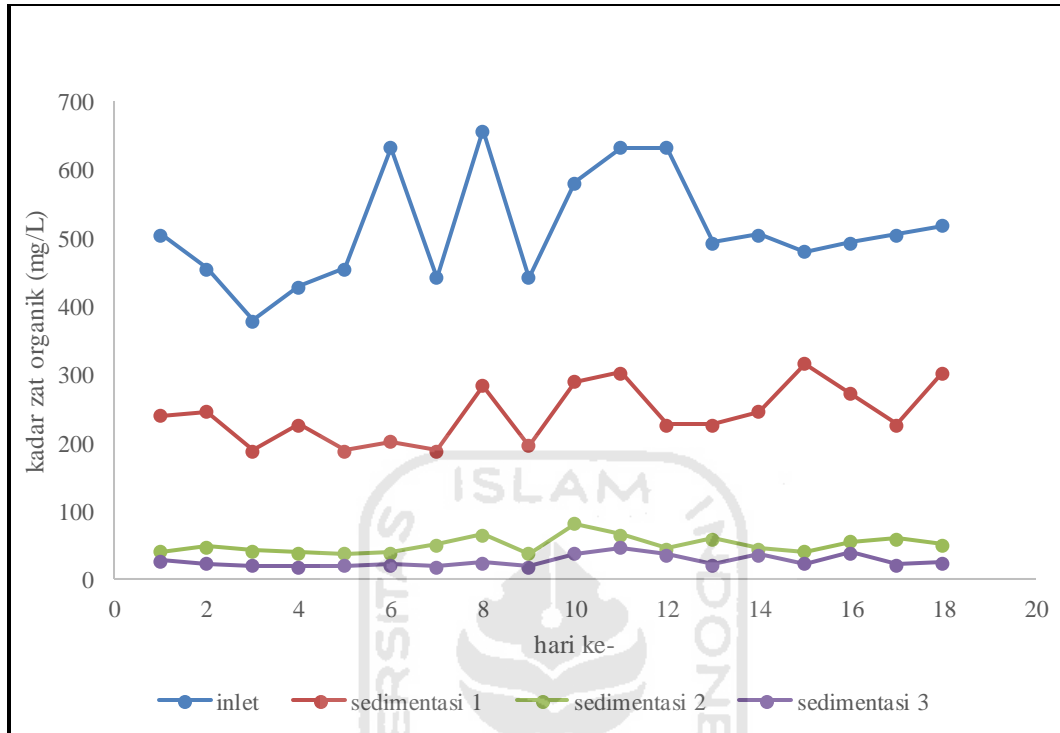
Keterangan:

- VT** = volume titrasi
- AP** = angka permanganat
- FP** = faktor pengenceran

Gambar 4.3 menunjukkan perbedaan konsentrasi kadar zat organik tiap sampel yang diuji dalam beberapa hari. Pendekatan konsentrasi kalium permanganat yang dianggap 0,01 N dengan menggunakan rumus sekunder yang telah digunakan oleh pabrik kertas ini akan terlihat hasilnya dalam penyajian



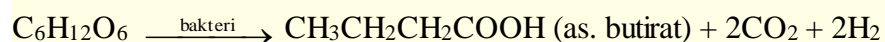
grafik tersebut. Gambar 4.3 juga menjelaskan bahwa limbah dalam pabrik kertas masih mengalami fluktuasi untuk nilai kadar zat organik.



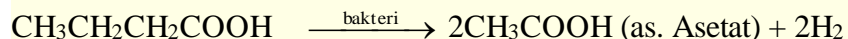
**Gambar 4.3 Hasil Penentuan Angka Permanganat pada Sampel Limbah**

Berdasarkan Gambar 4.3 terlihat penurunan kadar zat organik atau angka permanganat dari tiap sampel limbah. Inlet merupakan bak dari pengeluaran limbah pertama dari proses produksi, sehingga kadar zat organiknya masih tinggi karena belum mengalami pengolahan apapun. Limbah dari inlet akan diolah secara biologi di reaktor UASB dengan memanfaatkan bakteri anaerobik untuk mendegradasi limbah terutama zat-zat organik. Menurut Saradima dkk (2013), kayu sebagai bahan baku dalam pembuatan kertas mengandung beberapa komponen salah satunya selulosa. Kandungan selulosa dalam kayu kertas sekitar 38-49%. Bahan organik dalam bentuk selulosa akan lebih mudah dicerna oleh bakteri anaerob (Price dkk, 1981). Tahapan proses degradasi anaerob (Vigneweran, 1994) adalah:

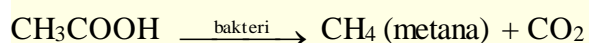
- a. Tahap I adalah menguraikan senyawa glukosa menjadi asam butirat atau senyawa organik yang kompleks menjadi senyawa organik sederhana.



- b. Tahap II adalah menguraikan produk metabolik seperti asam butirat menjadi asetat dan hidrogen dengan mikroorganisme *syntropic acetogenic*.



- c. Tahap III adalah menguraikan asam asetat menjadi gas metana dan karbon dioksida oleh bakteri *acetoclastic methane* dan *hydrogen-utilizing methane*.



Proses degradasi tersebut akan menghasilkan gas metana dan cairan limbah yang akan dialirkan ke sedimentasi 1 untuk diendapkan kembali. Hal tersebut cukup efektif untuk mengurangi kadar zat organik dalam limbah. Penurunan kadar zat organik dari bak inlet ke sedimentasi 1 yang telah diolah mencapai 52,6%.

Proses anaerob dilanjutkan dengan aerob untuk membantu melanjutkan proses penguraian zat-zat organik (Zulkiffi, 2014). Sampel dari bak sedimentasi 1 ke sedimentasi 2 juga mengalami penurunan sebesar 79,3% karena adanya proses pengolahan lumpur aktif. Dinamakan lumpur aktif karena prosesnya melibatkan massa mikroorganisme yang aktif dan mampu menstabilkan limbah secara aerobik (Metclaf dkk, 1991). Zat organik maupun anorganik dalam proses ini akan ditangkap oleh gumpalan mikroba baik yang hidup dan mati dalam air limbah (Grady dkk, 1980). Mikroba yang digunakan dalam pengolahan ini akan mengubah bahan organik karbon yang larut dan bersifat koloid menjadi macam-macam gas dan membentuk sel baru (Deprin, 1984).

Mekanisme pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif diawali dengan aliran umpan air limbah atau substrat bercampur dengan aliran lumpur aktif yang dikembalikan sebelum masuk reaktor. Campuran lumpur aktif dan air limbah membentuk suatu campuran yang disebut cairan tercampur (*mixed liquor*). Memasuki aerator, lumpur aktif dengan cepat memanfaatkan zat organik dalam air limbah untuk didegradasi. Kondisi lingkungan aerobik diperoleh dengan memberikan oksigen ke tangki aerasi. Pemberian oksigen dapat dilakukan dengan penyebaran udara pada permukaan aerasi secara mekanik atau injeksi oksigen murni. Aerasi dengan difusi udara tekan atau aerasi mekanik mempunyai 2 fungsi,

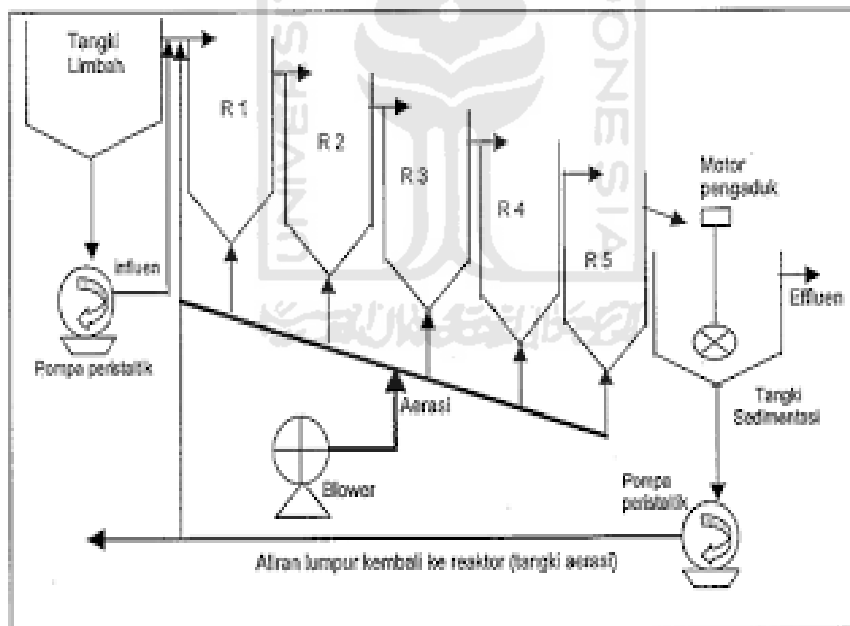
yaitu pemberi udara dan pencampur agar terjadi kontak yang sempurna antara lumpur aktif dan senyawa organik di dalam limbah (Badjoeri dkk, 2002).

Padatan lumpur aktif dalam tangki pengendapan akan mengendap dan terpisah dengan cairan sebagai effluent. Sebagian lumpur aktif dari dasar tangki pengendap dipompakan kembali ke reaktor dan dicampur dengan umpan (substrat) yang masuk dan sebagian lagi dibuang (Metclaf dkk, 1991). Polutan berupa bahan organik dioksidasi secara enzimatik oleh oksigen dalam limbah cair pada pemisahan senyawa karbon (bahan organik). Jadi senyawa karbon dikonversi menjadi karbon dioksida (Badjoeri dkk, 2002). Reaksi yang terjadi pada proses lumpur aktif adalah:



(Sumber: Betty dkk, 1993)

Skema proses dasar sistem lumpur aktif dapat dilihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4 Diagram Alir Sistem Pengolahan Lumpur Aktif**  
(Sumber: Badjoeri dkk, 2002)

Penurunan angka permanganat dari sampel limbah di sedimentasi 2 ke sedimentasi 3 mencapai 46,09% disebabkan oleh adanya proses *post coagulation*. Proses ini akan mengolah limbah dalam bentuk koloid dengan menambahkan koagulan seperti aluminium sulfat. Suatu koloid ketika diberikan bahan koagulan

atau molekul polimer akan mengalami destabilisasi koloid lalu terjadi penggabungan partikel koloid dan terbentuk flok dan inti-inti endapan (Hartono, 2006). Selanjutnya terjadi flokulasi dengan penggabungan inti-inti endapan menjadi flok-flok yang besar, sehingga dapat diendapkan (Azamia, 2012).

Secara keseluruhan persentase penurunan angka permanganat dari bak inlet ke sedimentasi 3 sebesar 94,7% setelah dilakukan pengolahan limbah. Metcalf dkk (1983) menyatakan bahwa pengolahan limbah lumpur aktif lebih baik digunakan daripada reaktor UASB karena bahan organik dan anorganik dapat diolah dengan bantuan bakteri aerob. Sedangkan dalam reaktor UASB hanya bisa mengolah bahan organik menggunakan bakteri anaerob. Grady dkk (1980) juga menyatakan bila proses lumpur aktif dipandang sebagai salah satu proses yang paling berhasil untuk menangani air limbah dengan konsentrasi bahan organik tinggi.

Angka permanganat yang tinggi menunjukkan bahwa masih banyak kandungan zat organik yang belum bisa terurai dengan baik secara alami, sehingga diperlukan adanya proses oksidasi terhadap zat-zat organik agar dapat terdegradasi. Bahan organik karbon dari dalam air limbah dapat dihilangkan secara pengolahan lumpur aktif dengan bantuan oksigen dapat dinyatakan sebagai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) (Deprin, 1984). Prinsip parameter (COD) yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik dalam 1 liter sampel air (Alaerts dkk, 1987). Secara prinsip antara angka permanganat dan COD memang sama, hanya berbeda pada bahan oksidator kuat yang digunakan. PT. Papertech ini menggunakan prinsip permanganometri karena lebih mudah dan bahan oksidator kuat tidak termasuk dalam limbah B3. Widodo (2013) dalam pengujiannya telah membuktikan bahwa angka COD dengan angka permanganat dapat ditetapkan yaitu:

$$\frac{COD \left(\frac{mg}{L}\right)}{KMnO_4 \left(\frac{mg}{L}\right)} = 4,1 \dots\dots(1)$$

Perolehan nilai COD dari rasio dengan nilai permanganat tersaji dalam Tabel 4.5.

**Tabel 4.5 Penentuan Nilai COD terhadap Angka Permanganat**

Inlet		Sedimentasi 1		Sedimentasi 2		Sedimentasi 3	
KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	COD (mg/L)	KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	COD (mg/L)	KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	COD (mg/L)	KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	COD (mg/L)
505,6	2072,96	240,16	984,66	41,71	171,02	28,44	116,60
455,04	1865,66	246,48	1010,57	48,03	196,93	23,38	95,87
379,20	1554,72	189,60	777,36	42,98	176,20	20,86	85,51
429,76	1762,02	227,52	932,83	39,18	160,65	19,60	80,33
455,04	1865,66	189,60	777,36	31,60	129,56	20,22	82,92
632	2591,20	202,24	829,18	39,18	160,65	22,12	90,70
442,4	1813,84	189,60	777,36	51,82	212,48	18,96	77,74
442,4	1813,84	284,40	1166,04	65,73	269,48	25,28	103,65
581,44	2383,90	195,92	803,27	37,92	155,47	18,96	77,74
632	2591,20	290,72	1191,95	65,73	269,48	38,55	158,06
632	2591,20	303,36	1243,78	45,50	186,57	37,29	152,88
492,96	2021,14	227,52	932,83	60,67	248,76	22,12	90,70
505,6	2027,96	227,52	932,83	45,50	186,57	37,29	152,88
657,28	2694,85	316	1295,60	82,16	336,86	46,14	189,16
480,32	1969,31	246,48	1010,57	41,71	171,02	23,38	95,87
492,96	2021,14	271,76	1114,22	55,61	228,03	39,82	163,25
505,60	2072,96	227,52	932,83	60,67	248,76	21,49	88,10
518,24	2124,78	303,36	1243,78	50,56	207,23	24,65	101,06

Nilai COD rata-rata dari sampel inlet, sedimentasi 1, sedimentasi 2, dan sedimentasi secara berturut-turut adalah 2104,63 mg/L; 997,61 mg/L; 206,43 mg/L; dan 111,28 mg/L. Meskipun COD tidak dapat menggambarkan kebutuhan oksigen sesungguhnya untuk menguraikan bahan organik, namun indikator ini dapat dipergunakan untuk menduga besarnya bahan organik dalam sampel air (Hermawan, 2000). Salah satu kelemahan dari parameter COD adalah mencakup sejumlah besar keragaman bahan organik, kecuali hidrokarbon aromatik dan piridin yang tak terurai (Cooper, 1981). Nilai COD pada keluaran PT. Papertech yang diwakili oleh sampel dari bak sedimentasi 3 dapat dikatakan baik karena tidak melebihi baku mutu pemerintah.

Zat organik dalam limbah juga mengandung senyawa organik terurai atau senyawa yang dapat dikonsumsi oleh mikroba. Banyaknya oksigen yang digunakan oleh mikroba aerobik sebanding dengan banyaknya organik terurai yang dikonsumsi, sehingga adanya angka permanganat juga akan berpengaruh terhadap indikasi banyaknya zat organik yang sudah atau belum terurai secara biologis. Widodo (2013) dalam penelitiannya mengenai limbah industri kertas mengungkapkan rasio BOD terhadap angka permanganat bahwa:

$$\frac{BOD_5 \left(\frac{mg}{L}\right)}{KMnO_4 \left(\frac{mg}{L}\right)} = 2,1 \dots\dots(2)$$

Adinugroho dkk (2006) menjelaskan bahwa nilai COD yang diperoleh bisa digunakan untuk menentukan nilai *Biochemical Oxygen demand* (BOD<sub>5</sub>) dikarenakan analisa BOD<sub>5</sub> membutuhkan waktu lama sehingga penggunaan di lapangan dirasakan kurang praktis. Selisih antara nilai COD dan BOD<sub>5</sub> dari suatu limbah cair dianggap menunjukkan jumlah senyawa organik tak terurai. Rasio organik (rasio BOD<sub>5</sub> : COD) sering digunakan sebagai indikator untuk menentukan tepat tidaknya limbah cair untuk diolah secara biologis. Rasio BOD<sub>5</sub> : COD akan diperoleh dengan membandingkan persamaan (2) dengan persamaan (1), sehingga diperoleh angka 0,512. Pernyataan tersebut sesuai dengan data perbandingan rata-rata antara BOD<sub>5</sub> dan COD untuk air beracun industri organik tanpa keracunan (Alaerts dkk, 1987) sebesar 0,5-0,65.

**Tabel 4.6 Perbandingan Rata-rata antara BOD<sub>5</sub> dan COD untuk Berbagai macam Jenis air (Alaerts dkk, 1987)**

Jenis limbah	Rasio BOD <sub>5</sub> / COD
Air buangan penduduk	0,4 - 0,6
Air buangan penduduk setelah pengendapan primer	0,6
Air buangan penduduk sesudah diolah secara biologis	0,2
Air sungai yang tidak tercemar	0,1
Air beracun industri organik tanpa keracunan	0,5 – 0,65
Air buangan industri inorganik atau beracun	0,0 – 0,2

Perolehan nilai BOD<sub>5</sub> terhadap angka permanganat ditunjukkan oleh Tabel 4.6 berikut ini.

**Tabel 4.7 Penentuan Nilai BOD<sub>5</sub> terhadap Angka Permanganat**

Inlet		Sedimentasi 1		Sedimentasi 2		Sedimentasi 3	
KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)
505,6	1061,76	240,16	504,33	41,71	87,60	28,44	59,72
455,04	955,58	246,48	517,60	48,03	100,87	23,38	49,10
379,20	796,32	189,60	398,16	42,98	90,25	20,86	43,80
429,76	902,50	227,52	477,80	39,18	82,29	19,60	41,14
455,04	955,58	189,60	398,16	31,60	66,36	20,22	42,47
632	1327,2	202,24	424,70	39,18	82,29	22,12	46,45
442,4	929,04	189,60	398,16	51,82	108,83	18,96	39,82
442,4	929,04	284,40	597,24	65,73	138,03	25,28	53,09
581,44	1221,02	195,92	411,43	37,92	79,63	18,96	39,82
632	1327,20	290,72	610,51	65,73	138,03	38,55	80,96
632	1327,20	303,36	637,06	45,50	95,56	37,29	78,30
492,96	1035,22	227,52	477,80	60,67	127,41	22,12	46,45
505,6	1061,76	227,52	477,80	45,50	95,56	37,29	78,30
657,28	1380,29	316	663,60	82,16	172,54	46,14	96,89
480,32	1008,67	246,48	517,60	41,71	87,60	23,38	49,10
492,96	1035,22	271,76	570,70	55,61	116,80	39,82	83,61
505,60	1061,76	227,52	477,80	60,67	127,41	21,49	45,12
518,24	1088,30	303,36	637,06	50,56	106,18	24,65	51,76

Berdasarkan persamaan (2) maka diperoleh nilai rata-rata BOD<sub>5</sub> pada sampel dari bak inlet, sedimentasi 1, sedimentasi 2, dan sedimentasi 3 adalah 1077,98 mg/L; 510,97 mg/L; 105,97 mg/L; dan 57,00 mg/L. Sampel limbah sedimentasi 3 di PT. Papertech yang akan dibuang ke badan sungai memiliki nilai BOD<sub>5</sub> yang tidak melebihi ambang batas sesuai dengan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 tahun 2012 yaitu 90 mg/L. Limbah cair yang memiliki nilai BOD<sub>5</sub> di atas 50 mg/L umumnya sudah membutuhkan perhatian khusus karena dianggap berpotensi untuk mencemari badan air penerima limbah cair tersebut (Adinugroho dkk, 2006). Nilai COD biasanya akan selalu lebih besar daripada BOD. Apabila korelasi antara BOD dan COD sudah diketahui, kondisi air limbah dapat diketahui (Siregar, 2005).

Pengujian terhadap parameter kualitas sampel limbah tersebut membuktikan bahwa semua parameter tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan pemerintah. Alur dalam sistem pengolahan limbah dari pembuangan pertama sampai terakhir secara fisika, kimia, dan biologi yang digunakan oleh pabrik ini dapat diminimalisir cemarannya dengan baik. Kelebihan dari kombinasi ini adalah dapat menghemat operasional, tidak memerlukan lahan yang luas, dapat digunakan untuk skala besar maupun kecil, dan lebih efektif untuk menurunkan beban cemaran beberapa parameter.

#### **4.3 Relative Percent Difference (RPD)**

Pengujian terhadap suatu sampel dapat dilakukan dengan beberapa metode analitik yang sesuai dengan standar yang berlaku. Pemilihan suatu metode yang digunakan di laboratorium kimia analitik harus dievaluasi dan diuji untuk memastikan bahwa metode tersebut mampu menghasilkan data yang valid dan sesuai dengan tujuan (Riyanto, 2015).

Penentuan suatu kadar dapat ditentukan dengan metode-metode analisis kuantitatif, antara lain gravimetri dan titrimetri. Metode kuantitatif untuk pengujian harus dilakukan verifikasi dengan parameter yang akan ditentukan, salah satunya adalah presisi. Penjaminan mutu untuk presisi dapat dinyatakan dengan simpangan baku relatif (RSD) untuk linearitas kalibrasi atau perbedaan presentase relatif (RPD).

PT. Papertech Indonesia menggunakan metode analisis kuantitatif gravimetri untuk penentuan kadar TSS dan permanganometri untuk kadar zat organik yang sesuai dengan SNI. Pengendalian mutu yang ditentukan dalam SNI tersebut menggunakan %RPD sebagai parameter presisinya. Batas nilai RPD tidak lebih dari 5%, dan jika lebih dari nilai tersebut maka perlu dilakukan pengujian ulang. Menurut U.S Enviromental Protection Agency (1979) RPD untuk duplikasi sampel dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\%RPD = \frac{|hasil\ kadar\ sampel - hasil\ duplikasi\ kadar\ sampel|}{(hasil\ kadar\ sampel + hasil\ duplikasi\ kadar\ sampel) / 2} \times 100\%$$



Keterangan: Hasil kadar sampel atau  $X_1$  (mg/L);

Hasil duplikasi sampel atau  $X_2$  (mg/L).

Rumus tersebut tidak jauh berbeda dengan rumus penentuan nilai RPD yang ada di SNI. Pengujian dilakukan secara duplo untuk masing-masing parameter uji sampel. Penentuan nilai RPD pada parameter TSS menggunakan sampel yang diambil dari bak inlet dan sedimentasi 3 dapat dilihat di Tabel 4.7.

**Tabel 4.8 Perhitungan Nilai RPD pada Parameter TSS**

Sampel	Inlet (mg/L)	Sedimentasi 3 (mg/L)
1	210	78
2	203,79	75,77
%RPD	3,00	2,90

Nilai RPD dari sampel inlet yaitu 3% dan sampel sedimentasi 3 sebesar 2,90 %. Nilai yang diperoleh menunjukkan hasil kedekatan nilai hasil pengulangan pengujian yang tidak terlalu jauh berbeda dan dari kedua sampel tidak melebihi batas nilai 5%, maka metode pengujian yang digunakan sudah baik.

Selain parameter TSS, penentuan nilai RPD juga digunakan untuk mengkonfirmasi kinerja pada metode permanganometri. Sampel yang digunakan terdiri dari sampel bak inlet, sedimentasi 1, sedimentasi 2, dan sedimentasi 3 secara duplo. Penentuan nilai RPD untuk parameter angka permanganat atau kadar zat organik dapat dilihat di Tabel 4.8 berikut.

**Tabel 4.9 Perhitungan Nilai RPD Parameter Angka Permanganat**

Sampel	Inlet (mg/L)	Sedimentasi 1 (mg/L)	Sedimentasi 2 (mg/L)	Sedimentasi 3 (mg/L)
X1	488,75	290,82	75,31	39,17
X2	504,19	300,28	77,89	40,45
%RPD	3,1	3,2	3,36	3,21

Berdasarkan metode standar yang digunakan nilai %RPD pada parameter ini juga tidak melebihi 5%. Hasil yang diperoleh untuk sampel dari bak inlet, sedimentasi 1, sedimentasi 2, dan sedimentasi 3 secara berturut-turut adalah 3,1%, 3,2%, 3,36%, dan 3,21%. Nilai tersebut menunjukkan bila presisi dari

pengulangan terhadap pengujian sampel adalah baik. Presisi menunjukkan seberapa dekat perbedaan nilai pada saat dilakukan pengukuran, semakin kecil nilai presisi maka semakin baik metode yang digunakan dalam pengujian.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan percobaan “Penentuan pH, TSS, dan Kadar Zat Organik pada Limbah Cair di PT. Papertech Indonesia Unit II Magelang” yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai rata-rata pH dalam sampel limbah cair dari bak inlet dan sedimentasi 3 adalah 5,78 dan 7,53.
2. Kadar TSS dalam sampel limbah dari bak inlet dan sedimentasi 3 adalah 220,89 mg/L dan 52,17 mg/L.
3. Kadar zat organik (rata-rata) ditentukan dengan angka permanganat pada sampel dari bak inlet, sedimentasi 1, sedimentasi 2, dan sedimentasi 3 secara berturut-turut, yaitu 513,32 mg/L, 243,32 mg/L, 50,35 mg/L, dan 27,14 mg/L.
4. Kadar zat organik dapat digunakan untuk menyatakan nilai COD dan BOD<sub>5</sub>, sehingga kualitas air limbah di PT. Papertech Indonesia Unit II Magelang telah memenuhi syarat baku mutu berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat disampaikan demi perbaikan dan kesempurnaan pengujian ini adalah diperlukan adanya kalibrasi alat-alat maupun instrumen secara periodik dan perlu dilakukan verifikasi maupun validasi metode untuk parameter-parameter limbah cair industri khususnya industri *pulp* dan kertas agar hasilnya lebih baik. Validasi merupakan suatu analisis yang bertujuan menjamin bahwa suatu alat, bahan, maupun metode yang digunakan bersifat akurat, spesifik, dan reproduibel. Sedangkan verifikasi ialah memastikan terhadap data dan dokumen adalah benar, sesuai, dan dapat diandalkan serta didukung oleh sistem manajemen yang efektif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho, E., dan Yuwono, R., 2006, *Buku Pegangan Manajer Pengendalian Pencemaran Air*, Jawa Barat: CV. Tjipta Andhika Persada.
- Alaerts. G., dan Santika, 1987, *Metode Penelitian Air*, Surabaya: Penerbit Usaha Nasional.
- Andayani, S., 2005, *Manajemen Kualitas Air Untuk Budidaya Perairan*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Andika, Y. B., dan Mardiyanto, A., 2014, Pengolahan Air Kolam Penampungan Lindi dengan Filter Granular Karbon Aktif pada Reaktor Horizontal, *Jurnal*, Program Studi Teknik Lingkungan, Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
- APHA, 1992, *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*, Ed Ke-18, Washington: American Public Health Association (APHA), AWWA, WPCF.
- Asmadi dan Suharno, 2012, *Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Air limbah*. Yogyakarta: Gosyen Publishing.
- Azad, H. S., 1976, *Industrial Wastewater Management Handbook*, USA: Mc Graw Hill Book Company.
- Azamia, M., 2012, Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia dalam Penurunan Kadar Organik serta Logam Berat Fe, Mn, Cr dengan Metode Koagulasi dan Adsorpsi, *Skripsi*, Depok: Universitas Indonesia.
- Baird, C., 1995, *Enviromental Chemistry*, New York: W.H Freeman Company.
- Badjoeri, M., dan Suryono, T., 2002, Pengaruh Peningkatan Limbah Cair Organik Karbon terhadap Sukses Bakteri Pembentuk Bioflok dan Kinerja Lumpur Aktif Beraliran Kontinyu, *Jurnal*, LIMNOTEK, Vol. IX no. 1 (hal. 13-22).
- Basset, J., 1994, *Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*, Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Betty, S., dan Rahayu, W., 1983, Penanganan Limbah Industri Pangan, *Jurnal*, Bogor: PAU Pangan dan Gizi IPB.
- Boyd, C. E., 1990, *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station. Alabama: Auburn University.

- BSN, 2004<sup>a</sup>, SNI 06-6989.3-2004, *Air dan Air Limbah – Bagian: Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid, TSS) secara Gravimetri*, Tangerang: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- BSN, 2004<sup>b</sup>, SNI 06-6989.11-2004, *Air dan Air Limbah – Bagian: Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan Alat pH meter*, Tangerang: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- BSN, 2004<sup>c</sup>, SNI 06-6989.22-2004, *Air dan Air Limbah – Bagian 22: Cara Uji Nilai Permanganat Secara Titrimetri*, Tangerang: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Chandra, B., 2006, *Pengantar Kesehatan Lingkungan*, Jakarta: EGC.
- Cooper, W. J., 1981, *Chemistry in Water Reuse Vol. 1*, London: Ann Arbor Science Publisher Inc.
- Departemen Perindustrian, 1984, *Buku Panduan Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran Industri Fermentasi*, Jakarta: Departemen Perindustrian.
- Donald, W. S., dan Herbert, E. K., 1979, *Wastewater Treatment*, USA: Prentice Hall Inc.
- Eckenfelder, W. W., 1988, *Industrial Water Pollution Control*, New Jersey: Mc Graw Hill International.
- Effendi, H., 2003, *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, Yogyakarta: Kanisius.
- Fardiaz, S., 1992, *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Ginting, Badia, R. C., Saraswati, R., dan Husen, E., 2006, Pupuk Organik dan Pupuk Hayati, Mikroorganisme Pelarut Fosfat, Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan dan Pertanian, Hal 141-157.
- Grady, L., dan Henry, C., 1980, *Biological Wastewater Treatment: Theory and Application*, New York and Basel: Marcel Dekker, Inc.
- Hamsar, I., 2003, Penurunan Beban Pencemaran Limbah Cair Industri Kertas Budaya dengan Penambahan Koagulan-Flokulan, *Tesis*, Pasca Sarjana, Medan: Universitas Sumatra Utara.

- Harmita, 2004, Petunjuk Pelaksana Validasi dan Cara Perhitungannya. *Jurnal Farmasi UI* Volume 1, No. 3, Desember 2004, 117-135. Departemen Farmasi FMIPA-UI
- Hartono, L., 2006, Pengolahan Limbah Industri Pembersih Rumah Tangga secara Koagulasi, *Skripsi*, Depok: Universitas Indonesia.
- Harvey, D., 2000, *Modern Analytical Chemistry*, New York: McGraw Hill.
- Hermawan, 2000, *Studi Kasus Praktek Pengujian Air*, Jakarta: MUTU
- Jiang, J. Q., dan Graham, N. J. D., 1997, Pre-Polymerised Inorganic Coagulants Used for Wastewater Treatment, *Chemistry and Industry*, 10, 389-391.
- Kate dan Buydens, 1993, *Quality Control in Analytical Chemistry*, USA: A Wiley- Interscience Publication.
- Kealey dan Haines, 2002, *Analytical Chemistry*, Inggris: Bios Scientific Publisher.
- Khopkar, S.M., 1990, *Basic Concepts of Analytical Chemistry*, Diterjemahkan oleh Saptorahadjo, Jakarta: UI Press.
- Kristanto, P., 2002, *Ekologi Industri*, Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Mahida, U. N., 1984, *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*, Jakarta: CV. Rajawali.
- Manurung, R., 2004, Proses Anaerobik sebagai Alternatif untuk mengolah Limbah Sawit, *Tesis*, Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Martopo, A., G. Hardiman, dan Suharyanto, 1998, *Strategi penghidupan Berkelanjutan (sustainable livelihood) di kawasan Dieng (kasus di Desa Buntu Kecamatan Kejajar Kabupaten Wonosobo)*, dalam Kusuma, *Skripsi Kajian Perubahan Kualitas Air Sungai Code Setelah Melewati Kawasan Perkotaan Tahun 2005*, Yogyakarta: UGM.
- Mc Cabe, W. L., Smith, J. C., dan Harriott, P., 1993, *Operasi Teknik Kimia Jilid 1*, diterjemahkan oleh: Jasjfi, E., Jakarta: Erlangga.
- Metcalf and Eddy, 1991, *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*, Singapore: Mc Graw Hill Book
- Pelczar, M. J, Pelczar, M., dan Chan, E. C. S., 1988, *Dasar-dasar Mikrobiologi*, diterjemahkan oleh: Hadioetomo, R., Imas, T., Tjitrosomo, S., dan Angka, S. L., Jakarta: UI Press.

- Na Li, Hefferren, J. J., dan Ke an, L., 2013, *Quantitative Chemical Analysis*, Beijing: World Scientific Publishing.
- Nasution, M. I., 2008, Penentuan Jumlah Amoniak dan Total Padatan Tersuspensi Pada Pengolahan Air Limbah PT. Bridgestone, Sumatera Rubber Estate, Dolok Merangir. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara.
- Notoatmodjo, S, 2003, *Pendidikan dan Prilaku Kesehatan*. Jakarta: PT. Rineka Cipta
- Odum, E. P., 1971, *Fundamental of Ecology*. London: W. B. Saunders Company Philadelphia.
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*, 14 Desember 2001, Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2001 No 153, Jakarta.
- Price, E., dan Cheremisinoff, P. N., 1981, *Biogas Production and Utilization*, Michigan: Ann Arbor Science Publishers, Inc.
- Puspita, A., dan Aditya, M., 2016, Proses Produksi dan Pengolahan Daur Ulang Kertas (Recycle Paper) Menggunakan Paper Machine di PT. Papertech Indonesia Magelang Unit II, *Skripsi*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Qasim, S.R., 1985, *Wastewater Treatment Plants*, New York: CBS College Publishing.
- Rahayu, S.R., 2007, Kelimpahan Dan Keanekaragaman Jenis Plankton Secara Stratifikasi di Perairan Keramba Jaring Apung Waduk Cirata. *Ekologia*, Vol. 7 No. 2, Oktober 2007, Bogor: Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar Sempur, 9-18.
- Riyanto, 2015, *Validasi dan Verifikasi Metode Uji*. Yogyakarta: Penerbit Deepublish.
- Rizaldi, R., 2008, *Pengelolaan Sampah Secara Terpadu Di Perumahan Dayu Permai Yogyakarta*, Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Saeni, M. S., 1989, *Kimia Lingkungan*, Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Saradima, A., Anisa, D. N., Wahyuni, E., Arifin, M. Z., dan Suma, N., 2013, Industri Pulp dan Kertas, *Skripsi*, Program Studi Kimia Industri, Lampung: Universitas Lampung.
- Sary, 2006, *Bahan Kuliah Manajemen Kualitas Air*, Cianjur: Politeknik Vedca.

- Sasongko, L.A., 2006, Kontribusi Air Limbah Domestik Penduduk Di Sekitar Sungai Tuk Terhadap Kualitas Air Sungai Kaligarang Serta Upaya Penanganannya (Studi Kasus Kelurahan Sampangan Dan Bendan Ngisor Kecamatan Gajah Mungkur Kota Semarang), *Tesis Magister*, Program Magister Ilmu Lingkungan, Semarang: Universitas Diponegoro.
- Siregar, S.A., 2005, *Instalasi Pengolahan Air Limbah*, Yogyakarta: Kanisius.
- Situmorang, M., 2007, *Kimia Lingkungan*, cetakan I, Medan: Fakultas MIPA UNIMED. Hal: 45,115.
- Soeparman, 2001, *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair Suatu Pengantar*, Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC, Hal 3-9 dan 20.
- Sugiharto, 2005, *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Pres).
- Suharto, I., 2011, *Limbah Kimia dalam Pencemaran Air dan Udara*, Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Susanto, H., 2009, *Budidaya Ikan di Pekarangan*, Jakarta: Penerbit Swadaya.
- Sutrisno, T. C., 2010, *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Svehla, G., 1985, *Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*, Edisi 2, diterjemahkan oleh: Setiono, L., Hadyana, A., dan Pudjaatmaka, Jakarta: Penerbit PT. Kalman Media Pusaka.
- Underwood, A.L., dan Day, J.R., 2005, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Jakarta: Erlangga.
- U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency), 1979, *Water-Related Environmental Fate of 129 Priority Pollutants Volume I: Introduction and Technical Background, Metals and Inorganics, Pesticides and PCBs*, Office of Water Planning and Standards U.S. EPA, Washington, DC.
- Vigneweran, S., Balawijaya, B. L. N., dan Viraghasan, T., 1994, *Anaerobic Wastewater Treatment Attached Growth and Sludge Blanket Process*, Environmental Sanitation Reviews, Balawija: BLN.
- Widjajanti, E., 2009, Kajian Penggunaan Adsorben sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Zat Pewarna Tekstil, *Seminar Nasional*, 17 Oktober 2009, Yogyakarta: FMIPA UNY, hal. 14.

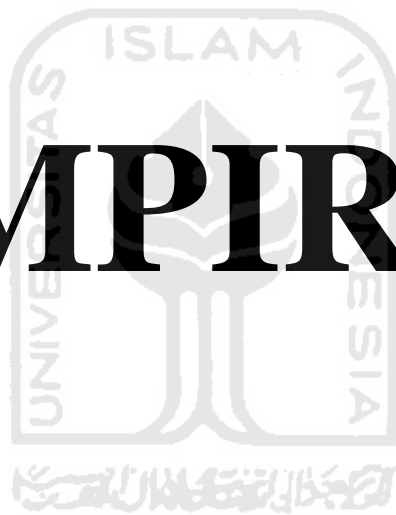


Widodo, 2013, Evaluasi Reaktor Upflow Anaerob Sludge Blanket (UASB) dalam Mengolah Limbah Cair Pabrik Kertas, *Tesis Magister*, Program Master Teknik Lingkungan , Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan.

Zulkifli, A., 2014, *Pengelolaan Limbah Berkelanjutan*, Yogya: Grha Ilmu.



# LAMPIRAN

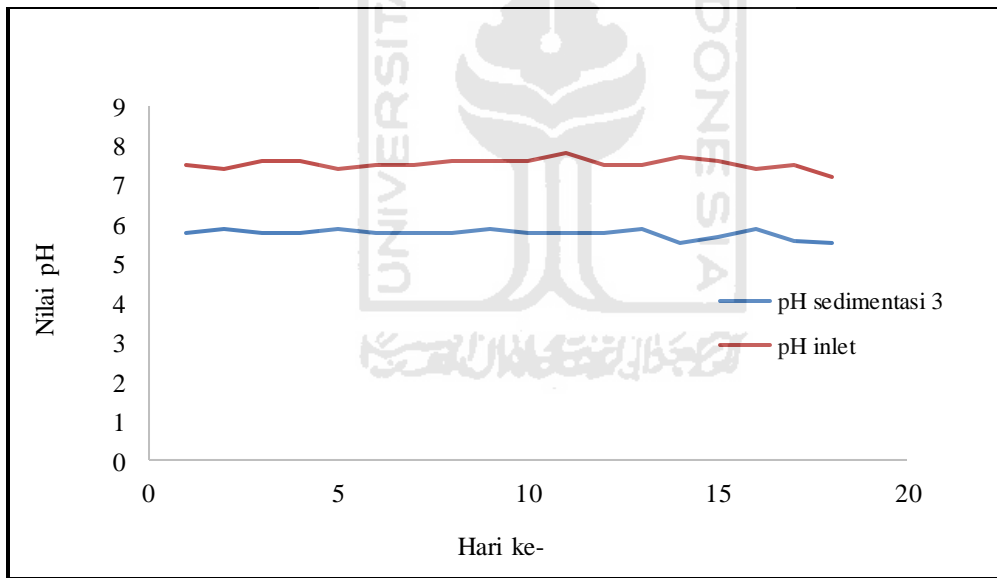


## Lampiran 1. PARAMETER NILAI PH SAMPEL

### 1. Tabel Pengukuran pH

Hari ke-	pH inlet	pH sedimentasi 3	Hari ke-	pH inlet	pH sedimentasi 3
1	5,8	7,5	10	5,8	7,6
2	5,9	7,4	11	5,8	7,8
3	5,8	7,6	12	5,8	7,5
4	5,8	7,6	13	5,9	7,5
5	5,9	7,4	14	5,5	7,7
6	5,8	7,5	15	5,7	7,6
7	5,8	7,5	16	5,9	7,4
8	5,8	7,6	17	5,6	7,5
9	5,9	7,6	18	5,5	7,2

### 2. Gambar Pengukuran pH



Gambar Hasil Penentuan pH pada Sampel Inlet dan Sedimentasi 3

## Lampiran 2. PARAMETER NILAI TSS SAMPEL

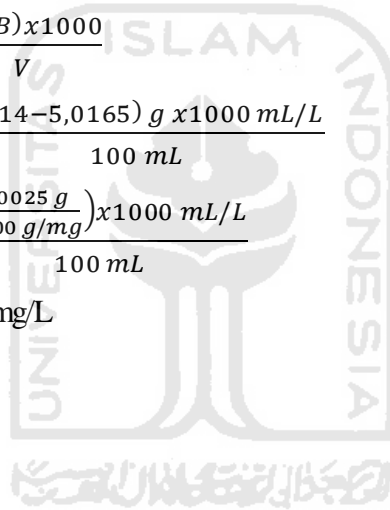
### 1. Perhitungan Kadar TSS dalam Sampel

#### a. Sampel Inlet

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ \text{TSS} &= \frac{(5,3159 - 5,305) \text{ g} \times 1000 \text{ mL/L}}{50 \text{ mL}} \\ &= \frac{\left(\frac{10,9 \text{ g}}{1000 \text{ g/mg}}\right) \times 1000 \text{ mL/L}}{50 \text{ mL}} \\ &= 218 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

#### b. Sampel Sedimentasi 3

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ \text{TSS} &= \frac{(5,014 - 5,0165) \text{ g} \times 1000 \text{ mL/L}}{100 \text{ mL}} \\ &= \frac{\left(\frac{0,0025 \text{ g}}{1000 \text{ g/mg}}\right) \times 1000 \text{ mL/L}}{100 \text{ mL}} \\ &= 25 \text{ mg/L} \end{aligned}$$



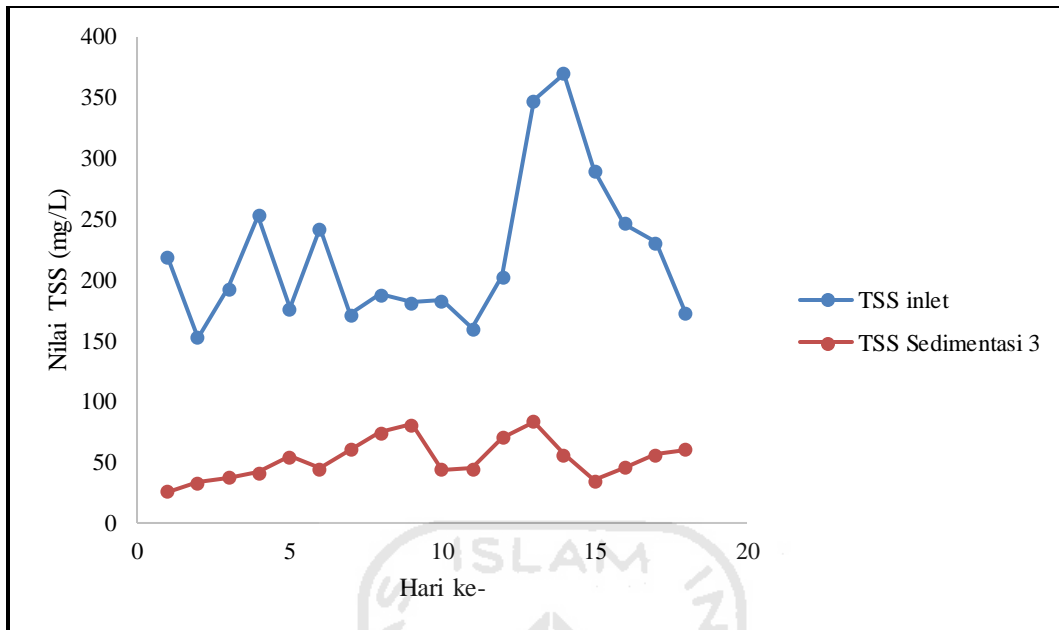
## 2. Tabel Pengukuran Kadar TSS Sampel Inlet

Hari	B (gr)	A (gr)	V (mL)	(A-B) (gr)	(A-B) (mg)	TSS Inlet (mg/L)
1	5,305	5,3159	50	0,0109	10,9	218
2	5,417	5,4246	50	0,0076	7,6	152
3	5,422	5,4316	50	0,0096	9,6	192
4	5,214	5,6866	50	0,0126	12,6	252
5	5,013	5,0218	50	0,0088	8,8	176
6	5,314	5,3261	50	0,0121	12,1	242
7	5,433	5,44155	50	0,00855	8,55	171
8	5,222	5,23135	50	0,00935	9,35	187
9	5,405	5,41405	50	0,00905	9,05	181
10	5,411	5,4201	50	0,0091	9,1	182
11	5,313	5,32095	50	0,00795	7,95	159
12	5,313	5,3231	50	0,0101	10,1	202
13	5,245	5,26235	50	0,01735	17,35	347
14	5,344	5,36245	50	0,01845	18,45	369
15	5,432	5,44645	50	0,01445	14,45	289
16	5,112	5,1243	50	0,0123	12,3	246
17	5,33	5,3415	50	0,0115	11,5	230
18	5,102	5,1106	50	0,0086	8,6	172

## 3. Tabel Pengukuran Kadar TSS Sampel Sedimentasi 3

Hari	B (gr)	A (gr)	V (mL)	(A-B) (gr)	(A-B) (mg)	TSS Sedimentasi 3 (mg/L)
1	5,014	5,0165	100	0,0025	2,5	25
2	5,012	5,01365	100	0,00165	1,65	33
3	5,114	5,11585	100	0,00185	1,85	37
4	5,302	5,30405	100	0,00205	2,05	41
5	5,013	5,0157	100	0,0027	2,7	54
6	5,314	5,3162	100	0,0022	2,2	44
7	5,004	5,007	100	0,003	3	60
8	5,222	5,2257	100	0,0037	3,7	74
9	5,203	5,207	100	0,004	4	80
10	5,213	5,21515	100	0,00215	2,15	43
11	5,313	5,3152	100	0,0022	2,2	44
12	5,313	5,3165	100	0,0035	3,5	70
13	5,245	5,24915	100	0,00415	4,15	83
14	5,344	5,3468	100	0,0028	2,8	56
15	5,332	5,3337	100	0,0017	1,7	34
16	5,112	5,11425	100	0,00225	2,25	45
17	5,33	5,3328	100	0,0028	2,8	56
18	5,102	5,105	100	0,003	3	60

#### 4. Gambar Pengukuran Nilai TSS



Gambar Hasil Penentuan TSS pada Sampel Inlet dan Sedimentasi 3

#### 5. Perhitungan %RPD

- a. %RPD pada sampel inlet

Diketahui:  $X_1 = 210 \text{ mg/L}$

$X_2 = 203,79 \text{ mg/L}$

$$\begin{aligned} \%RPD &= \left| \frac{(X_2 - X_1)}{(X_1 + X_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{(203,79 - 210) \text{ mg/L}}{(210 + 203,79) \text{ mg/L} / 2} \right| \times 100\% \\ &= 3,00\% \end{aligned}$$

- b. %RPD pada sampel Sedimentasi 3

Diketahui:  $X_1 = 78 \text{ mg/L}$

$X_2 = 75,77 \text{ mg/L}$

$$\begin{aligned} \%RPD &= \left| \frac{(X_2 - X_1)}{(X_1 + X_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{(75,77 - 78) \text{ mg/L}}{(75,77 + 78) \text{ mg/L} / 2} \right| \times 100\% = 2,90\% \end{aligned}$$

**6. Tabel Perhitungan Nilai RPD pada Parameter TSS**

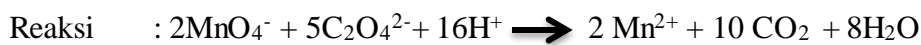
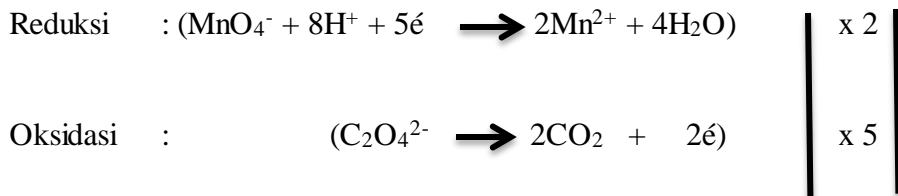
Sampel	Inlet (mg/L)	Sedimentasi 3 (mg/L)
1	210	78
2	203,79	75,77
%RPD	3,00	2,90



### Lampiran 3. PARAMETER NILAI PERMANGANAT

#### 1. Standarisasi Larutan $\text{KMnO}_4$

Reaksi yang terjadi saat titrasi permanganometri :



Larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N setelah distandarisasi diperoleh hasil seperti berikut :

Diketahui : Volume titrasi  $\text{KMnO}_4$  :  $\frac{v_1 + v_2}{2}$   
:  $\frac{1,0 \text{ mL} + 1,1 \text{ mL}}{2}$   
: 1,05 mL

Volume  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  : 10 mL

Normalitas  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  : 0,01 N

Ditanya : N  $\text{KMnO}_4$  .....?

Jawab :

$$(N \times V) \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = (N \times V) \text{KMnO}_4$$

$$(0,01 \text{ N} \times 10 \text{ mL}) = (N \times 1,05 \text{ mL})$$

$$N \text{KMnO}_4 = \frac{(0,01 \text{ N} \times 10 \text{ mL})}{1,05 \text{ mL}}$$

$$N \text{KMnO}_4 = 0,095 \text{ N} \approx 0,01 \text{ N}$$



## 2. Perhitungan Angka Permanganat

$$\text{KMnO}_4 \text{ (mg/L)} = \frac{[(a+V \text{ titrasi (mL)})N \text{ KMnO}_4 - (b \times N \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4)] \times \text{BE KMnO}_4 \times 1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}} \times \text{FP}}{V \text{ sampel (mL)}}$$

Keterangan : a : volume  $\text{KMnO}_4$  yang ditambahkan (mL);

b : volume  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  yang ditambahkan (mL).

BE  $\text{KMnO}_4$  : 31,6 (grek/mol)

FP : faktor pengenceran tiap sampel

- Sampel dari bak *Inlet*

$$\begin{aligned} \text{KMnO}_4 \text{ (mg/L)} &= \frac{[(a+V \text{ titrasi (mL)})N \text{ KMnO}_4 - (b \times N \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4)] \times 31,6 \frac{\text{grek}}{\text{mol}} \times 1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}} \times \text{FP}}{V \text{ sampel (mL)}} \\ &= \frac{[(10 \text{ mL} + 4 \text{ mL}) 0,01 \text{ N} - (10 \text{ mL} \times 0,01 \text{ N})] \times 31,6 \frac{\text{grek}}{\text{mol}} \times 1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}} \times 40}{100 \text{ mL}} \\ &= 505,60 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Sampel dari bak Sedimentasi 1

$$\begin{aligned} \text{KMnO}_4 \text{ (mg/L)} &= \frac{[(a+V \text{ titrasi (mL)})N \text{ KMnO}_4 - (b \times N \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4)] \times 31,6 \frac{\text{grek}}{\text{mol}} \times 1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}} \times \text{FP}}{V \text{ sampel (mL)}} \\ &= \frac{[(10 \text{ mL} + 3,8 \text{ mL}) 0,01 \text{ N} - (10 \text{ mL} \times 0,01 \text{ N})] \times 31,6 \frac{\text{grek}}{\text{mol}} \times 1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}} \times 20}{100 \text{ mL}} \\ &= 240,16 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Sampel dari bak Sedimentasi 2

$$\begin{aligned} \text{KMnO}_4 \text{ (mg/L)} &= \frac{[(a+V \text{ titrasi (mL)})N \text{ KMnO}_4 - (b \times N \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4)] \times 31,6 \frac{\text{grek}}{\text{mol}} \times 1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}} \times \text{FP}}{V \text{ sampel (mL)}} \\ &= \frac{[(10 \text{ mL} + 3,3 \text{ mL}) 0,01 \text{ N} - (10 \text{ mL} \times 0,01 \text{ N})] \times 31,6 \frac{\text{grek}}{\text{mol}} \times 1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}} \times 4}{100 \text{ mL}} \\ &= 41,71 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Sampel dari Sedimentasi 3

$$\begin{aligned} \text{KMnO}_4 \text{ (mg/L)} &= \frac{[(a+V \text{ titrasi (mL)})N \text{ KMnO}_4 - (b \times N \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4)] \times 31,6 \frac{\text{grek}}{\text{mol}} \times 1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}} \times \text{FP}}{V \text{ sampel (mL)}} \\ &= \frac{[(10 \text{ mL} + 4,5 \text{ mL}) 0,01 \text{ N} - (10 \text{ mL} \times 0,01 \text{ N})] \times 31,6 \frac{\text{grek}}{\text{mol}} \times 1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}} \times 2}{100 \text{ mL}} \\ &= 28,44 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

### 3. Tabel Pengukuran Angka Permanganat dalam Sampel

Inlet			Sedimentasi 1			Sedimentasi 2			Sedimentasi 3		
VT (mL)	AP (mg/L)	FP	VT (mL)	AP (mg/L)	FP	VT (mL)	AP (mg/L)	FP	VT (mL)	AP (mg/L)	FP
4,0	505,60	40	3,8	240,16	20	3,3	41,71	4	4,5	28,44	2
3,6	455,04	40	3,9	246,48	20	3,8	48,03	4	3,7	23,38	2
3,0	397,20	40	3,0	189,60	20	3,4	42,98	4	3,3	20,86	2
3,4	429,76	40	3,6	227,52	20	3,1	39,18	4	3,1	19,59	2
3,6	455,04	40	3,0	189,60	20	3,0	37,92	4	3,2	20,22	2
5,0	632,00	40	3,2	202,24	20	3,1	39,18	4	3,5	22,12	2
3,5	442,40	40	3,0	189,60	20	4,1	51,82	4	3,0	18,96	2
3,5	442,40	40	4,5	284,40	20	5,2	65,73	4	4,0	25,28	2
4,6	581,44	40	3,1	195,92	20	3,0	37,92	4	3,0	18,96	2
5,0	632,00	40	4,6	290,72	20	5,2	65,73	4	6,1	38,55	2
5,0	632,00	40	4,8	303,36	20	3,6	45,50	4	5,9	37,29	2
3,9	492,96	40	3,6	227,52	20	4,8	60,67	4	3,5	22,12	2
4,0	505,60	40	3,6	227,52	20	3,6	45,504	4	5,9	37,29	2
5,2	657,28	40	5,0	316,00	20	6,5	82,16	4	7,3	46,14	2
3,8	480,32	40	3,9	246,48	20	3,3	41,71	4	3,7	23,38	2
3,9	492,96	40	4,3	271,76	20	4,4	55,61	4	6,3	39,81	2
4,0	505,60	40	3,6	227,52	20	4,8	60,67	4	3,4	21,49	2
4,1	518,24	40	4,8	303,36	20	4,0	50,56	4	3,9	24,65	2

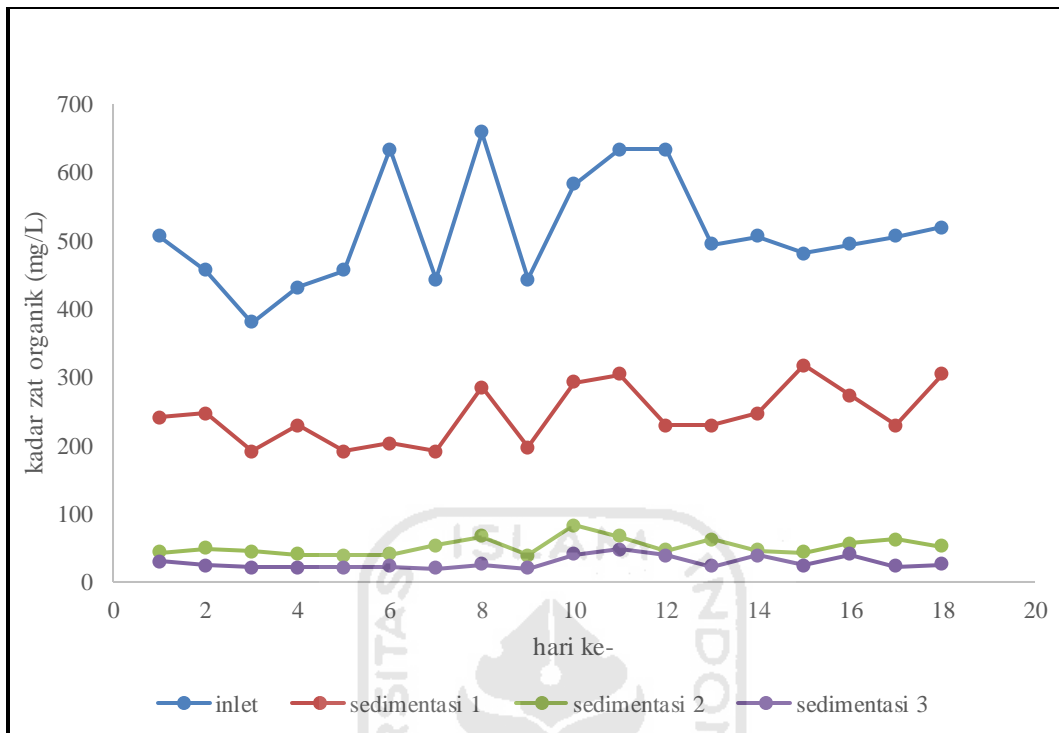
#### Keterangan:

**VT** = volume titrasi

**AP** = angka permanganat

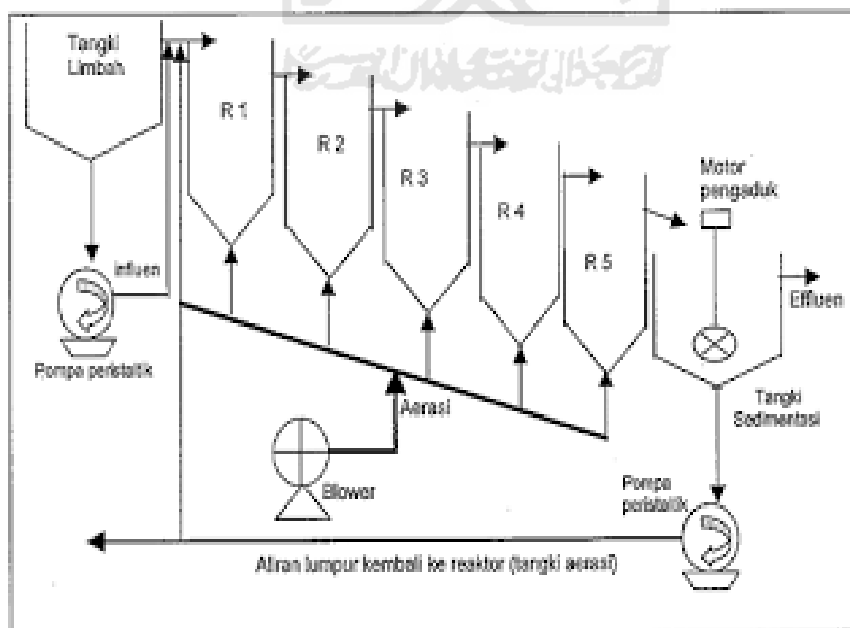
**FP** = faktor pengenceran

#### 4. Gambar Pengukuran Angka Permanganat



Gambar Hasil Penentuan Angka Permanganat pada Sampel Limbah

#### 5. Gambar Diagram Alir Sistem pengolahan Lumpur Aktif



## 6. Perhitungan %RPD

- **%RPD pada sampel Inlet**

Diketahui:  $X_1 = 488,75 \text{ mg/L}$

$X_2 = 504,19 \text{ mg/L}$

$$\begin{aligned}\%RPD &= \left| \frac{(X_2 - X_1)}{(X_1 + X_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{(504,19 - 488,75) \text{ mg/L}}{(488,75 + 504,19) \text{ mg/L} / 2} \right| \times 100\% \\ &= 3,10 \%\end{aligned}$$

- **%RPD pada sampel Sedimentasi 1**

Diketahui:  $X_1 = 290,82 \text{ mg/L}$

$X_2 = 300,28 \text{ mg/L}$

$$\begin{aligned}\%RPD &= \left| \frac{(X_2 - X_1)}{(X_1 + X_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{(300,28 - 290,82) \text{ mg/L}}{(290,82 + 300,28) \text{ mg/L} / 2} \right| \times 100\% \\ &= 3,20 \%\end{aligned}$$

- **%RPD pada sampel Sedimentasi 2**

Diketahui:  $X_1 = 75,31 \text{ mg/L}$

$X_2 = 77,89 \text{ mg/L}$

$$\begin{aligned}\%RPD &= \left| \frac{(X_2 - X_1)}{(X_1 + X_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{(77,89 - 75,31) \text{ mg/L}}{(75,31 + 77,89) \text{ mg/L} / 2} \right| \times 100\% \\ &= 3,36 \%\end{aligned}$$

- **%RPD pada sampel Sedimentasi 3**

Diketahui:  $X_1 = 39,17 \text{ mg/L}$

$X_2 = 40,45 \text{ mg/L}$

$$\begin{aligned} \%RPD &= \left| \frac{(X_2 - X_1)}{(X_1 + X_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{(40,45 - 39,17) \text{ mg/L}}{(39,17 + 40,45) \text{ mg/L} / 2} \right| \times 100\% \\ &= 3,21 \% \end{aligned}$$

### 7. Tabel Perhitungan Nilai RPD Parameter Angka Permanganat

Sampel	Inlet (mg/L)	Sedimentasi 1 (mg/L)	Sedimentasi 2 (mg/L)	Sedimentasi 3 (mg/L)
X1	488,75	290,82	75,31	39,17
X2	504,19	300,28	77,89	40,45
%RPD	3,1	3,2	3,36	3,21

### 8. Penentuan Nilai COD dari Angka Permanganat

$$\frac{COD \left(\frac{mg}{L}\right)}{KMnO_4 \left(\frac{mg}{L}\right)} = 4,1 \dots\dots(1)$$

- **Sampel dari Bak Inlet**  

$$\begin{aligned} COD \text{ (mg/L)} &= 4,1 \times KMnO_4 \text{ (mg/L)} \\ &= 4,1 \times 505,6 \text{ mg/L} \\ &= 2072,96 \text{ mg/L} \end{aligned}$$
- **Sampel dari Bak Sedimentasi 1**  

$$\begin{aligned} COD \text{ (mg/L)} &= 4,1 \times KMnO_4 \text{ (mg/L)} \\ &= 4,1 \times 240,16 \text{ mg/L} \\ &= 984,66 \text{ mg/L} \end{aligned}$$
- **Sampel dari Bak Sedimentasi 2**  

$$\begin{aligned} COD \text{ (mg/L)} &= 4,1 \times KMnO_4 \text{ (mg/L)} \\ &= 4,1 \times 41,71 \text{ mg/L} \\ &= 171,02 \text{ mg/L} \end{aligned}$$
- **Sampel dari Bak Sedimentasi 3**  

$$\begin{aligned} COD \text{ (mg/L)} &= 4,1 \times KMnO_4 \text{ (mg/L)} \\ &= 4,1 \times 28,44 \text{ mg/L} \\ &= 116,60 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

### 9. Tabel Nilai COD terhadap Angka Permanganat

Inlet		Sedimentasi 1		Sedimentasi 2		Sedimentasi 3	
KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	COD (mg/L)	KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	COD (mg/L)	KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	COD (mg/L)	KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	COD (mg/L)
505,6	2072,96	240,16	984,66	41,71	171,02	28,44	116,60
455,04	1865,66	246,48	1010,57	48,03	196,93	23,38	95,87
379,20	1554,72	189,60	777,36	42,98	176,20	20,86	85,51
429,76	1762,02	227,52	932,83	39,18	160,65	19,60	80,33
455,04	1865,66	189,60	777,36	31,60	129,56	20,22	82,92
632	2591,20	202,24	829,18	39,18	160,65	22,12	90,70
442,4	1813,84	189,60	777,36	51,82	212,48	18,96	77,74
442,4	1813,84	284,40	1166,04	65,73	269,48	25,28	103,65
581,44	2383,90	195,92	803,27	37,92	155,47	18,96	77,74
632	2591,20	290,72	1191,95	65,73	269,48	38,55	158,06
632	2591,20	303,36	1243,78	45,50	186,57	37,29	152,88
492,96	2021,14	227,52	932,83	60,67	248,76	22,12	90,70
505,6	2027,96	227,52	932,83	45,50	186,57	37,29	152,88
657,28	2694,85	316	1295,60	82,16	336,86	46,14	189,16
480,32	1969,31	246,48	1010,57	41,71	171,02	23,38	95,87
492,96	2021,14	271,76	1114,22	55,61	228,03	39,82	163,25
505,60	2072,96	227,52	932,83	60,67	248,76	21,49	88,10
518,24	2124,78	303,36	1243,78	50,56	207,23	24,65	101,06

### 10. Penentuan Nilai BOD<sub>5</sub> dari Angka Permanganat

$$\frac{\text{BOD}_5 \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)}{\text{KMnO}_4 \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)} = 2,1 \dots\dots(2)$$

- **Sampel dari Bak Inlet**

$$\begin{aligned} \text{BOD}_5 \text{ (mg/L)} &= 2,1 \times \text{KMnO}_4 \text{ (mg/L)} \\ &= 2,1 \times 505,6 \text{ mg/L} \\ &= 1061,76 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- **Sampel dari Bak Sedimentasi 1**

$$\begin{aligned} \text{BOD}_5 \text{ (mg/L)} &= 2,1 \times \text{KMnO}_4 \text{ (mg/L)} \\ &= 2,1 \times 240,16 \text{ mg/L} \\ &= 504,33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- **Sampel dari Bak Sedimentasi 2**

$$\begin{aligned} \text{BOD}_5 \text{ (mg/L)} &= 2,1 \times \text{KMnO}_4 \text{ (mg/L)} \\ &= 2,1 \times 41,71 \text{ mg/L} \\ &= 87,60 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- **Sampel dari Bak Sedimentasi 3**

$$\begin{aligned} \text{BOD}_5 \text{ (mg/L)} &= 2,1 \times \text{KMnO}_4 \text{ (mg/L)} \\ &= 2,1 \times 28,44 \text{ mg/L} \\ &= 59,72 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

**11. Tabel Nilai BOD<sub>5</sub> terhadap Angka Permanganat**

Inlet		Sedimentasi 1		Sedimentasi 2		Sedimentasi 3	
KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)
505,6	1061,76	240,16	504,33	41,71	87,60	28,44	59,72
455,04	955,58	246,48	517,60	48,03	100,87	23,38	49,10
379,20	796,32	189,60	398,16	42,98	90,25	20,86	43,80
429,76	902,50	227,52	477,80	39,18	82,29	19,60	41,14
455,04	955,58	189,60	398,16	31,60	66,36	20,22	42,47
632	1327,2	202,24	424,70	39,18	82,29	22,12	46,45
442,4	929,04	189,60	398,16	51,82	108,83	18,96	39,82
442,4	929,04	284,40	597,24	65,73	138,03	25,28	53,09
581,44	1221,02	195,92	411,43	37,92	79,63	18,96	39,82
632	1327,20	290,72	610,51	65,73	138,03	38,55	80,96
632	1327,20	303,36	637,06	45,50	95,56	37,29	78,30
492,96	1035,22	227,52	477,80	60,67	127,41	22,12	46,45
505,6	1061,76	227,52	477,80	45,50	95,56	37,29	78,30
657,28	1380,29	316	663,60	82,16	172,54	46,14	96,89
480,32	1008,67	246,48	517,60	41,71	87,60	23,38	49,10
492,96	1035,22	271,76	570,70	55,61	116,80	39,82	83,61
505,60	1061,76	227,52	477,80	60,67	127,41	21,49	45,12
518,24	1088,30	303,36	637,06	50,56	106,18	24,65	51,76

**12. Tabel Perbandingan Rata-rata BOD<sub>5</sub> dan COD untuk Berbagai-macam Jenis Air**

<b>Jenis limbah</b>	<b>Rasio BOD<sub>5</sub> / COD</b>
Air buangan penduduk	0,4 - 0,6
Air buangan penduduk setelah pengendapan primer	0,6
Air buangan penduduk sesudah diolah secara biologis	0,2
Air sungai yang tidak tercemar	0,1
Air beracun industri organik tanpa keracunan	0,5 – 0,65
Air buangan industri inorganik atau beracun	0,0 – 0,2





#### Lampiran 4. BAKU MUTU AIR LIMBAH

##### 1. Tabel Syarat Mutu Kualitas Air Limbah Industri *pulp* dan Kertas menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 tahun 2012

No.	Parameter	Kertas Halus		Kertas Kasar	
		Kadar Maksimum (mg/L)	Beban Cemar Maksimum (kg/ton)	Kadar Maksimum (mg/L)	Beban Cemar Maksimum (kg/ton)
1.	BOD <sub>5</sub>	100	5,0	90	3,6
2.	COD	200	10,0	175	7,0
3.	TSS	100	5,0	80	3,2
4.	Debit Maksimum	50 m <sup>3</sup> / ton produk		40 m <sup>3</sup> / ton produk	
5.	pH	6,0 – 9,0			

Catatan:

- Kadar maksimum untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam milligram parameter per liter air limbah.
- Beban pencemaran maksimum untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam kilogram parameter per ton produk kertas.

