

**Pra-Rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Industri Batik
(Studi Kasus Batik Sembung, Sembungan Rt.31/Rw.14, Gulurejo, Lendah, Kulonprogo)**

**Preliminary design of Waste Water Treatment Plant (WWTP) for Batik Industry
(A Case Study at Batik Sembung, Sembungan Rt.31/Rw.14, Gulurejo, Lendah, Kulonprogo)**

Sri Hastutiningrum 1^{a*}, Purnawan 2^a

^a Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, Indonesia

Artikel histori :

Diterima November 2017
Diterima dalam revisi November 2017
Diterima Desember 2017
Online Desember 2017

ABSTRAK: Perancangan ini bertujuan untuk memberikan rancangan pengolahan limbah cair batik bagi industri batik di Yogyakarta. Beberapa parameter limbah cair batik sebelum diolah masih melebihi baku mutu, yaitu : TDS 5.325 mg/l, BOD 2.712,02 mg/l, COD 10.464,00 mg/l, dan pH 10,5. IPAL dirancang secara *batch* dengan sistem ekualisasi, koagulasi-flokulasi, sedimentasi, kontrol, dan pengering lumpur. Tahap perancangan IPAL meliputi menghitung ukuran dimensi masing-masing unit IPAL, merancang gambar masing-masing unit, dan menghitung rencana anggaran biaya yang diperlukan. Terdapat beberapa unit pada perancangan IPAL, salah satunya limbah cair batik sebanyak 5,5 m³ beserta dimensi yaitu : bak ekualisasi (panjang = 2,2m, lebar = 1,1m, tinggi = 2,5m), bak koagulasi-flokulasi (diameter = 1,2m, tinggi = 1,95m), bak sedimentasi (panjang = 2,013m, lebar = 1,0065m, tinggi = 1m), bak pengering lumpur (panjang = 0,92m, lebar = 0,46m, tinggi = 0,77m), bak filtrasi (panjang = 2,36m, lebar = 1,18m, tinggi = 2,4m), dan bak kontrol (panjang = 1,138m, lebar = 1,138m, tinggi = 1,138m). Adapun total rencana anggaran biaya yang dibutuhkan dalam perancangan IPAL limbah cair industri batik adalah sebesar Rp 67.833.300,34.

Kata Kunci: pra-rancangan; IPAL; limbah cair batik; *batch*; koagulasi-flokulasi

ABSTRACT: The objective of this study was to design a batik waste water for industrial batik in Yogyakarta. Some of the wastewater parameters before the treatment still exceeded the standard discharge. The parameters were TDS 5.325 mg/l, BOD's 2.712,02 mg/l, COD's 10.464,00 mg/l, dan pH 10,5. The design of the waste water treatment plant were consisted of equalitation, coagulation-floculation, sedimentation, filtration, control, and drying bed with batch system. The stages of the preliminary design of WWTP were calculated from the dimensions of each unit, design result from each unit, and the costs. There were some units in the waste water treatment plant, which one of them is 5,5 m³ batik waste, with the dimension of equalitation tank (length = 2,2m, width = 1,1m, height = 2,5m), coagulation-floculation tank (diameter = 1,2m, height = 1,95m), sedimentation tank (length = 2,013m, width = 1,0065 m, height = 1m), drying bed tank (length = 0,92m, width = 0,46m, height = 0,77m), filtration tank (length = 2,36m, width = 1,18m, height = 2,4m), and control tank (length = 1,138m, width = 1,138m, height = 1,138m). The total cost required on the preliminary design WWTP of batik industry was Rp 67.833.300,34.

Keywords: pre-design; WWTP; waste water of domestic batik industry; batch; coagulation-floculation

1. Pendahuluan (Introduction)

Seni batik merupakan keahlian yang turun temurun, merupakan salah satu sumber kehidupan yang memberikan lapangan kerja yang cukup luas bagi masyarakat Indonesia terutama daerah Yogyakarta. Yogyakarta sebagai daerah tujuan wisata mendorong pertumbuhan sektor industri kecil, salah satu industri yang berkembang adalah batik sebagai ciri khas kota Yogyakarta.

Perkembangan industri batik di Indonesia melalui beberapa tahapan, mulai dari seni kerajinan yang biasa dikerjakan sebagai industri rumah tangga, hingga produksi yang diorganisasikan dalam perusahaan-perusahaan batik. Pertumbuhan ekonomi ternyata membuat batik dapat menyesuaikan diri dengan beragam jenis kerajinan lainnya yang berasal dari Yogyakarta.

Banyaknya industri batik di Yogyakarta memberikan pengaruh positif dan negatif khususnya bagi lingkungan di sekitar industri itu sendiri. Adapun pengaruh positif dari

*Corresponding Author:
Email: hastuti19@yahoo.com

industri batik adalah melestarikan kebudayaan Indonesia, membuka lapangan pekerjaan, sehingga menambah pendapatan bagi masyarakat setempat. Sedangkan, pengaruh negatif pada lingkungan dapat timbul apabila limbah cair industri batik tersebut langsung dibuang ke lingkungan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan sekitar.

Salah satu industri batik yang ada di Yogyakarta adalah batik Sembung. Batik Sembung merupakan industri batik rumah tangga yang terletak di Dusun Sembungan RT.31/RW.14, Kel. Gulurejo, Kec. Lendah, Kab. Kulon Progo, industri batik ini telah berdiri sejak tahun 2010. Faktor yang mendasari berdirinya industri batik ini yaitu faktor ekonomi dan keahlian yang dimiliki.

Batik yang dihasilkan merupakan jenis batik klasik dan modern yang proses pembuatannya dengan cara tulis atau cap, sedangkan untuk motif batik mengikuti perkembangan zaman mengikuti keinginan konsumen. Industri batik Sembung mampu memproduksi rata-rata 100 lembar kain batik per harinya, dengan banyaknya produksi yang dilakukan menghasilkan limbah cair yang berasal dari proses pencucian kain batik yang telah diproduksi.

Limbah yang dihasilkan pengrajin batik adalah limbah cair yang mengandung kadar BOD, COD, TDS, TSS, kekeruhan dan zat warna. Warna limbah yang dihasilkan rata-rata bewarna merah kehitaman. Secara estetika dan kesehatan hal tersebut melebihi syarat-syarat kualitas air limbah yang ditetapkan oleh pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta.

Usaha yang dilakukan sebelum limbah cair dibuang ke lingkungan adalah dengan menggunakan bak-bak pengendap dan langsung dibuang ke lingkungan. Namun pada kenyataannya upaya tersebut belum optimal karena tidak dilakukan pengolahan yang lebih baik guna memperbaiki kualitas air limbah cucian kain batik tersebut.

Upaya untuk memperkecil dampak negatif yang terjadi akibat pembuangan limbah ke lingkungan perairan perlu dilakukan pengolahan limbah. Pertimbangan utama untuk pengolahan limbah cair industri batik rumah tangga adalah biaya, sehingga diperlukan penanganan dengan teknologi yang tepat dan sederhana dengan biaya yang relatif murah. Salah satu alternatif penanganan limbah cair batik rumah tangga dengan cara kombinasi koagulasi-flokulasi dan filtrasi.

1.1 Umum

Yogyakarta selain dikenal kota pendidikan, juga dikenal sebagai kota budaya. Sebagai kota budaya, Yogyakarta banyak menyimpan peninggalan-peninggalan sejarah, juga kesenian-kesenian yang mempunyai nilai seni yang tinggi. Salah satu karya seni yang sangat terkenal dari Yogyakarta adalah kain batik.

Menurut arti kamusnya batik yaitu gambaran atau hiasan pada kain yang pengerjaannya melalui proses penutupan dengan bahan lilin atau malam yang kemudian diberi warna. Sedangkan kain batik itu sendiri adalah kain bergambar dan berhias yang proses pembuatannya

dilakukan secara khusus dengan menggunakan lilin atau malam (Setiawati, P. 2004).

Awalnya fungsi kain batik hanya digunakan untuk keperluan busana tradisional dikalangan keraton, yang tumbuh dan berkembang dengan budaya Jawa yang masih kental. Proses pengerjaan batik pun mengalami perkembangan, tidak terbatas pada batik tulis saja tetapi berkembang pula menjadi batik cap dan batik printing.

1.2. Pengertian Air Buangan

Menurut Sugiharto (1987), air buangan adalah air yang mengandung kotoran, buangan atau bahan pencemar yang berasal dari aktifitas manusia sehari-hari, baik dari kegiatan rumah tangga, pertanian, dan juga berasal dari air tanah sebagai air buangan.

Air buangan diartikan sebagai kejadian masuknya atau dimasukkannya benda padat, cair, dan gas ke dalam air dengan sifatnya berupa endapan atau padat, padat tersuspensi, terlarut, koloid, emulsi yang menyebabkan air dimaksud harus dipisahkan atau dibuang dengan sebutan air buangan (Tjokrokusumo, 1998).

Menurut (Tjokrokusumo, 1998) karakteristik air buangan dibedakan menjadi tiga golongan yaitu:

1. Karakteristik Fisik
Karakteristik fisik air buangan ditentukan dari parameter – parameter:
 - a. Solid (zat padat)
 - b. Temperatur
 - c. Warna
 - d. Bau
2. Karakteristik kimia
Karakteristik kimia air buangan ditentukan dari parameter – parameter:
 - a. Zat organik
 - b. Zat anorganik
 - c. Gas-gas
3. Karakteristik biologi
Karakteristik biologi pada umumnya ditentukan dari parameter – parameter:
 - a. Kelompok mikroorganisme yang terdapat dalam air limbah
 - b. Organisme patogen yang ada.

1.3 Karakteristik Limbah Cair Batik

Menurut Sugiharto (1987), untuk mengetahui lebih jelas tentang limbah cair yang dihasilkan dari industri maka perlu diketahui secara detail mengenai kandungan yang ada pada limbah cair tersebut. Setelah dianalisis ternyata karakteristik limbah cair dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu fisik, biologi, dan kimia.

Tabel 1. Karakteristik limbah cair industri batik Sembung

No	Parameter	Satuan	Hasil
1	TSS	mg/L	40
2	TDS	mg/L	5.325
3	BOD ₅	mg/L	2.712,02
4	COD	mg/L	10.464,00
5	pH		10,5

Berdasarkan pemeriksaan yang dilakukan dapat diketahui karakteristik limbah cair batik Sembung adalah seperti pada Tabel 1.

Hasil pemeriksaan tersebut masih di atas baku mutu yang telah ditetapkan. Adapun baku mutu air limbah batik adalah seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter baku mutu air limbah batik

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1	TSS	mg/L	200
2	TDS	mg/L	1000
3	BOD ₅	mg/L	50
4	COD	mg/L	100
5	pH		6,0 – 9,0

Sumber : Pergub DIY No. 7 Tahun 2010

1.4 Zat Warna

Zat warna adalah senyawa yang dapat dipergunakan dalam bentuk larutan atau disperse terhadap suatu bahan lain, sehingga penampangnya berwarna. Warna air limbah dapat dibedakan menjadi dua yaitu warna sejati dan warna semu. Warna yang disebabkan oleh senyawa organik yang mudah larut dan beberapa ion logam ini disebut warna sejati, jika air tersebut mengandung kekeruhan atau adanya bahan tersuspensi dan juga oleh penyebab warna sejati maka warna tersebut dikatakan warna semu (Chatib, B. 1989).

Zat warna adalah suatu senyawa organik yang kompleks yang dapat dipertahankan didalam jaringan molekul-molekul zat warna merupakan gabungan dari zat organik yang tidak jauh, sehingga zat warna harus terdiri dari kromosfor sebagai pembawa warna dan ausokrom sebagai pengikat antara warna dengan serat.

Zat warna yang digunakan pada pembuatan batik Sembung adalah zat warna synthetis yaitu indigosol dan naphthol.

Indigosol adalah zat warna bejana larut, yaitu senyawa leuco dari zat warna yang distabilkan, dalam pencelupannya perlu dibangkitkan warnanya dengan jalan hidrolisa dan oksidasi.

Naphthol adalah zat warna yang tidak larut dalam air, terdiri dari dua komponen yaitu naphthol dan garam diazonium. Kedua komponen tersebut bergabung menjadi senyawa berwarna jika sudah dalam larutan. Berdasarkan PP No 101 Tahun 2014 bahwa zat pewarna synthetis tersebut masuk dalam kategori limbah B3 karena memiliki sifat karsinogenik, sehingga berbahaya bagi manusia dan makhluk hidup lainnya.

1.5 BOD (Biochemical Oxygen Demand)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) atau kebutuhan oksigen biologis yaitu banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik yang terkandung didalam air pada kondisi aerobik (Chatib, B. 1989).

Nilai BOD menunjukkan jumlah zat organik sesungguhnya, tetapi hanya mengukur jumlah bahan oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan tersebut. Jika konsumsi oksigen tinggi

yang ditunjukkan dengan semakin kecilnya oksigen terlarut, maka berarti kandungan bahan-bahan buangan membutuhkan oksigen tinggi. Sebenarnya peristiwa penguraian bahan organik melalui proses oksidasi oleh mikroorganisme di dalam air adalah yang mudah terjadi apabila air lingkungan mengandung oksigen yang cukup (Wardana, 1995).

1.6 COD (Chemical Oxygen Demand)

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi, atau banyaknya oksigen-oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O. Pada reaksi oksigen ini hampir semua zat yaitu sekitar 85% dapat teroksidasi menjadi CO₂ dan H₂O dalam suasana asam, sedangkan penguraian secara biologi (BOD) tidak semua zat organik dapat diuraikan oleh bakteri (Fardiaz, 1992).

1.7 Kekeruhan

Kekeruhan yaitu adanya benda-benda tercampur atau larutan didalam air yang disebabkan adanya partikel-partikel kecil dan koloid yang berukuran 10 µm sampai 10 mm. Partikel-partikel kecil dan koloid tersebut sangat bervariasi baik jenis maupun ukurannya, untuk partikel bermuatan besar dapat disingkirkan dengan jalan pengendapan atau penyaringan, sedangkan untuk partikel dengan ukuran yang kecil seperti tersuspensi koloid perlu ada bahan atau alat bantu untuk mengendapkan partikel tersebut.

Partikel padat pada prinsipnya dapat dipisahkan dengan proses gravitasi, namun demikian mengendapkan ukuran partikel yang bervariasi, waktu yang diperlukan untuk pengendapan juga bervariasi, mengenai hubungan antara besarnya ukuran partikel dengan lama waktu pengendapan dapat dilihat pada Tabel 3.

1.8 TDS (Total Suspended Solid)

Zat padat tersuspensi (Total Suspended Solid) adalah semua zat padat (pasir, lumpur, dan tanah liat) atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air dan dapat berupa komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, ataupun komponen mati (abiotik) seperti detritus dan partikel-partikel anorganik.

Zat padat tersuspensi merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia yang heterogen, dan berfungsi sebagai bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan. Penetrasi cahaya matahari ke permukaan dan bagian yang lebih dalam tidak berlangsung efektif akibat terhalang oleh zat padat tersuspensi, sehingga fotosintesis tidak berlangsung sempurna. Sebaran zat padat tersuspensi di laut antara lain dipengaruhi oleh masukan yang berasal dari darat melalui aliran sungai, ataupun dari udara dan perpindahan karena resuspensi endapan akibat pengikisan (Tarigan & Edward, 2003).

Tabel 3. Hubungan ukuran partikel dengan waktu pengendapan

Ukuran partikel mm	Sasaran partikel	Spesifikasi luas permukaan m ² /m ³	Waktu pengendapan
10	Kerikil	6.10 ²	1 detik
1	Pasir kasar	6.10 ³	10 detik
10 ⁻¹	Pasir halus	6.10 ⁴	2 menit
10 ⁻²	Lumpur	6.10 ⁵	2 jam
10 ⁻³	Bakteri	6.10 ⁶	8 hari
10 ⁻⁴	Koloid	6.10 ⁷	2 tahun
10 ⁻⁵	Koloid	6.10 ⁸	20 tahun
10 ⁻⁶	Koloid	6.10 ⁹	200 tahun

Sumber: Reynold, 1982

1.9 TSS (Total Suspended Solid)

Total Suspended Solid (TSS) yaitu zat padat tersuspensi atau suspended solid sejumlah berat dalam milligram pengeringan dengan membran tersebut mengandung bahan tersuspensi yang dikeringkan pada suhu 105°C. Zat padat tersuspensi dibagi menjadi dua bagian yaitu zat padat terapung dan zat padat terendap. Zat padat terendap dapat bersifat anorganik dan organik. Pengendapan zat padat ini di dasar air akan mengganggu kehidupan di dalam air, juga akan mengalami dekomposisi yang menyebabkan menurunnya kadar oksigen terlarut disamping menimbulkan bau busuk (Djayadiningrat, 1992).

1.10 Pengaruh Air Buangan Industri Batik Terhadap Lingkungan

Menurut Djayadiningrat (1992), dampak terhadap badan air, maka air buangan industri dikualifikasikan sebagai berikut:

1. Zat organik terlarut (BOD) dan zat kimia terlarut (COD)
Penyebab menurunnya kadar oksigen terlarut dalam air, sehingga badan air tersebut mengalami kekurangan oksigen yang sangat diperlukan oleh kehidupan air (*aquatic life*) dan menyebabkan menurunnya kualitas badan air.
2. Total zat padat tersuspensi (TSS)
Pengendapan zat di dasar badan air, akan mengganggu kehidupan di dalam badan air tersebut. Juga yang menyebabkan menurunnya kadar oksigen terlarut disamping menimbulkan bau busuk dan pemandangan yang tidak sedap.
3. Minyak dan bahan – bahan terapung
Penyebab kondisi tidak sedap dan terganggunya penetrasi sinar matahari, serta masuknya oksigen kedalam badan air adalah bahan-bahan terapung. Menurut Sugiharto (1987), untuk mengolah dampak buangan diperlukan suatu pengolahan yang baik dan memenuhi kesehatan. Air buangan

industri batik yang tidak ditangani akan menyebabkan:

- a. Membahayakan kesehatan manusia karena dapat merupakan pembawa suatu penyakit kulit.
- b. Pewarna yang digunakan bersifat karsinogenik yang dapat menyebabkan penyakit kanker pada manusia.
- c. Bahan-bahan kimia pembantu lainnya seperti soda api, natrium silikat juga berbahaya terhadap kulit, dapat menyebabkan iritasi bahkan luka bakar.
- d. Dapat merusak atau membunuh kehidupan yang ada di dalam air, seperti ikan dan makhluk hidup lain didalamnya.
- e. Dapat merusak keindahan (estetika), karena membuat air bewarna menjadi berbau busuk dan menimbulkan pencemaran yang tidak sedap dipandang terutama didaerah hilir sungai yang merupakan daerah rekreasi.

1.11 Alat Pengolah Limbah Cair Industri Batik

Susunan alat pengolahan limbah cair industri batik setelah dilakukan pra- rancangan adalah sebagai berikut:

a. Bak Penampung Awal

Bak ini berfungsi untuk menampung limbah cair sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut. Dalam bak ini air limbah tidak dilakukan perlakuan apapun, tetapi merupakan suatu cara untuk meningkatkan efektifitas dari proses selanjutnya. Bak ini bertujuan untuk mengatur fluktuasi air limbah dari segi kualitas dan kuantitas yang disebabkan oleh beragam aktifitas yang dilakukan dalam menghasilkan limbah dan jadwal aktivitas yang tidak tetap agar kecepatan aliran konstan, sehingga pengolahan optimun dapat dicapai.

Adapun kriteria perancangan untuk bak penampung dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria perancangan untuk bak penampung

No	Kriteria	Satuan	Nilai
1	Beban permukaan	M ³ /m ² .hr	32-48
2	Weir loading	m ³ /hr	125-500
3	Waktu tinggal	Jam	1-4
4	Kedalaman bak	M	2,5-3,7

Sumber : Metcalf and Eddy, 1979

Rumus yang biasa digunakan dalam perhitungan dimensi bak penampung awal

$$\text{Luas permukaan } A = \frac{\text{debit air buangan}}{\text{beban permukaan}} \quad (1)$$

$$\text{Waktu tinggal (dtk)} = \frac{\text{volume bak}}{\text{debit (Q)}} \quad (2)$$

b. *Bak Koagulasi dan Flokulasi*

Koagulasi adalah proses untuk menyatukan butir-butir (gumpalan) dengan jalan memberikan bahan kimia yang disebut koagulan dan kemudian dilanjutkan dengan pengadukan cepat, sedangkan flokulasi adalah proses pembentukan flok dengan pengadukan lambat.

Koagulasi merupakan proses pencampuran bahan kimia pada suatu pengolahan air untuk membantu proses pembentukan flok-flok dari bahan koloidal dalam suatu air. Jenis koagulan umumnya dipergunakan garam besi (Fe) atau garam alumina (Al) dalam senyawa kimia $Fe(SO_4)$ atau $Al_2(SO_4)_3$ dan kadang – kadang dipergunakan senyawa polielektrolit sebagai pembantu koagulan (Tjokrokusumo, 1998).

Menurut Reynolds (1982), tujuan dari koagulasi pengolahan air adalah mendestabilkan suspensi kontaminan, sehingga partikel dapat bergabung dan membentuk flok dan kemudian memisahkan dengan air dalam sedimentasi. Sifat koloidal air dalam sistem adalah tetap sehingga dikatakan terstabilkan dikarenakan adanya elektrostatik pada koloid karena pada umumnya muatan koloid adalah negatif dan saling tolak menolak, maka koloid tetap tinggal dalam larutan. Gaya tarik menarik disebabkan oleh gaya *Van Der Waals*, sedangkan gaya tolak menolak disebabkan oleh gaya elektrostatik dari disperse koloid. Kekuatan dari gaya ukur dengan beda potensial tekanan atau potensial ini mengukur muatan partikel koloid tanpa menghiraukan jarak di mana muatan terjadi, semakin besar beda potensial akan semakin besar tolak menolak antara partikel koloid. Demikian pula masuknya ikatan air semakin menstabilkan koloid, koloid semakin stabil memiliki permukaan lapisan di bagian luar batas lapisan ikatan air sedangkan koloid yang tidak stabil berada di dekat batas bagian luar lapisan tetap.

Pengolahan secara koagulasi flokulasi untuk menurunkan padatan tersuspensi menggunakan bahan koagulan berupa tawas atau $Al_2(SO_4)_3$. Larutan $Al_2(SO_4)_3$ digunakan sebagai bahan pengolah limbah cair organik secara kimia. Bahan ini berfungsi sebagai pemecah, sekaligus penggumpal bahan – bahan organik dalam air, baik *non biodegradable* (tidak dapat diuraikan secara biologi) maupun yang *biodegradable* (dapat diuraikan secara biologi).

Jumlah yang dibutuhkan dipengaruhi oleh jenis bahan koagulan, karakteristik air limbah, serta kecepatan dan lama pengadukan. Di dalam praktek dosis bahan koagulan ditentukan dengan percobaan *jar test* (Reynold, 1982).

Pada 1687, Isaac Newton menunjukkan bahwa partikel yang jatuh pada aliran fluida yang tenang mempercepat sampai tahanan gesek atau tarik, sama dengan gaya gravitasi pada partikel. (Davis, Mackenzie L., 2002). Tiga gaya tersebut didefinisikan sebagai berikut :

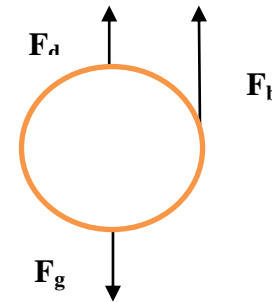
- a. Gaya berat (*gravity force*) : F_g
- b. Gaya apung (*bouyant force*) : F_b
- c. Gaya seret (*drag force*) : F_d

Dimana :

$$F_g = \rho_s g V_p \quad (3)$$

$$F_b = \rho g V_p \quad (4)$$

$$F_D = C_D A_p \rho \frac{V_s^2}{2} \quad (5)$$



Gambar 1. Gaya bekerja pada partikel yang jatuh bebas pada fluida

Neraca gaya: Suatu partikel dapat mengendap jika:

$$\text{Gaya berat} > \text{gaya apung} + \text{gaya seret}$$

Maka ditetapkan hukum Newton pada peristiwa tersebut

$$\text{Gaya berat} - \text{gaya apung} - \text{gaya seret} = \text{gaya percepatan}$$

$$F_g - F_b - F_d = m_p \cdot a \quad (6)$$

Sementara itu drag force dipengaruhi oleh : bentuk, kekasaran, ukuran, kecepatan gerak partikel, rapat massa, kekentalan air.

$$F_d = \frac{1}{2} (C_d \cdot A_p \cdot \rho_w \cdot V_s^2) \quad (7)$$

Koefisien *drag* merupakan fungsi dari bentuk partikel dan bilangan Reynold (Re)

$$C_d = 0,4 \text{ (aliran turbulen)}$$

$$Re = \frac{d_p \rho v_s}{\mu} \quad (8)$$

Keterangan:

- F_d : gaya hambatan
- A_p : luas proyeksi partikel
- V_s : kecepatan gerak partikel
- C_d : koefisien hambatan
- ρ_s : rapat massa partikel
- ρ_w : rapat massa air

- g : percepatan gravitasi
- V_p : volume partikel
- m_p : massa partikel
- a : percepatan
- d_p : diameter partikel
- μ : angka kekentalan dinamis
- ρ : rapat massa air
- V_s : kecepatan gerak partikel
- Re : bilangan Reynold

$$A = \frac{Q}{\text{beban permukaan}} \quad (14)$$

- a. Bak koagulasi-flokulasi
Volume tabung $V = \pi \cdot r^2 \cdot t_1$
- b. Bak penampung lumpur
Bentuk kerucut $V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot t_2$

Keterangan:

- P : daya motor pengaduk (watt)
- G : gradien kecepatan (det⁻¹)
- μ : kekentalan dinamis (gram/cm.det)
- V : volume bak (m³)
- Q : debit limbah (m³/hari)
- dt : waktu tinggal (det)
- t₁ : tinggi bak koagulasi (m)
- t₂ : tinggi bagian pengendap lumpur (m)
- A : luas permukaan (m²)
- Kt : ketetapan impeller
- n : kecepatan putar (rpm)
- Di : diameter impeller (m)
- ρ : massa jenis air (1000 kg/m³)
- r : jari – jari tabung bak (m)
- π : 3,14 atau $\frac{22}{7}$

Pada proses koagulasi diperlukan pengadukan cepat, tujuan pengadukan cepat pada proses ini untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat terdispersikan bahan kimia secara merata. Secara umum pengadukan cepat dilakukan pada gradien kecepatan (300-1000/ detik) selama 5 hingga 60 detik.

Sedangkan pada proses flokulasi menggunakan pengadukan lambat, pengadukan lambat bertujuan untuk menghasilkan energi hidrolis yang lebih kecil, aliran dibuat relatif lebih tenang dan menghindari terjadinya turbulensi.

Adapun kriteria bak koagulasi yang menjadi dasar perhitungan dalam menentukan dimensi bak koagulasi–flokulasi dapat dilihat pada Tabel 5, sedangkan untuk kriteria bak flokulasi pada Tabel 6.

Tabel 5. Kriteria desain bak koagulasi

Kriteria	Besaran	Satuan
Gradien kecepatan (G)	500 – 1500	Det ⁻¹
Pengaduk	Kt 4,60	
Kecepatan putar pengaduk	40 – 125	Rpm
Waktu tinggal	15 – 60	Det

Sumber: Reynold, 1982

Tabel 6. Kriteria desain bak flokulasi

Kriteria	Besaran	Satuan
Gradien kecepatan (G)	50 – 100	Det ⁻¹
Pengaduk	Kt 0,32	
Kecepatan putar pengaduk	10 – 30	Rpm
Waktu tinggal	30 – 60	Det

Sumber: Reynold, 1982

Untuk menghitung ukuran bak koagulasi–flokulasi, digunakan rumus berikut:

$$\text{Volume bak (V)} = Q \cdot dt \quad (9)$$

$$\text{Daya motor pengaduk (P)} = G^2 \cdot \mu \cdot V \quad (10)$$

$$\text{Gradien kecepatan (G)} = \sqrt{\frac{P}{\mu \cdot V}} \quad (11)$$

$$\text{Diameter pengaduk (Di)} = \left(\frac{P}{kt n^3 \rho} \right)^{1/5} \quad (12)$$

Syarat diameter impeller dengan diameter pengaduk 50 – 80 %.

Rumus yang digunakan untuk menghitung ruang pengendapan, adalah sebagai berikut:

$$V = Q \cdot dt \quad (13)$$

1.12 Jenis Koagulan

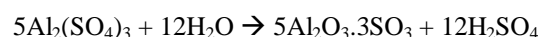
Jenis koagulan yang digunakan untuk proses koagulasi akan mempengaruhi mekanisme destabilisasi partikel koloid, sebab setiap koagulan mempunyai karakteristik yang berbeda-beda.

1. Aluminium sulfat

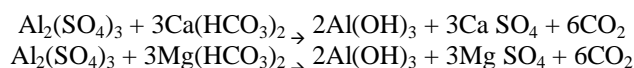
Aluminium sulfat {Al₂(SO₄)₃} atau tawas adalah koagulan yang paling banyak digunakan, dengan alasan harganya yang relatif murah. Karakteristik koagulan aluminium sulfat, antara lain:

- a. Dapat menurunkan pH dan alkalinitas bikarbonat
- b. Range pH dimana koagulasi ini dapat bekerja dengan baik antara pH 8-10
- c. Memerlukan alkalinitas tambahan (Tjokrokusumo, 1998).

Aluminium sulfat dalam suasana limbah netral akan membentuk flok



Sedangkan aluminium sulfat dalam suasana limbah basa akan membentuk flok



2. Ferro sulfat

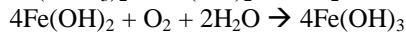
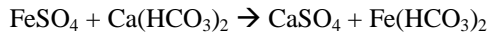
Ferro sulfat (FeSO₄) membutuhkan alkalinitas dalam bentuk ion hidroksid. Alkalinitas yang biasa digunakan adalah Ca(OH)₂ untuk menaikkan pH

sampai ion ferro dipresipitasi menjadi ferri hidroksida.

Karakteristik koagulan ferro sulfat :

- a. Diatas pH 7,0 akan teroksidasi menjadi ferri hidroksida
- b. Membutuhkan alkalinitas
- c. pH optimum di sekitar 9,0
- d. Koagulasi terjadi dengan baik antara pH 8,5-11

Ferro sulfat bereaksi dengan limbah dalam suasana basa membentuk flok



3. Polielektrolit

Polyelektrolit adalah polimer berantai panjang atau rantai bercabang. Rantai cabang mengandung kelompok ion seperti : $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$, $-\text{PO}_3\text{H}_2$, $-\text{NH}_2^+$ dan R_1NR_2^+

Polyelektrolit yang mengandung ion-ion diatas, berbeda dengan polimer non elektrolit, polyelektrolit yang mempunyai berat molekul rendah berbeda dengan polimer non elektrolit. Tetapi semua polyelektrolit larut dalam air, menghantar arus listrik dan dipengaruhi oleh gaya-gaya elektrostatis di antara ion-ion yang terkandung rantai cabangnya.

Pada prinsipnya polimer hampir sama dengan beberapa polyelektrolit yang terdapat pada air alami. Partikel yang terdapat pada polimer sangat tergantung pada tingkat ionisasinya pada pH medium. Makro molekul alami dan sintesis mempunyai pengaruh yang sangat kuat terhadap kestabilan koloid terdispersi.

Pada proses koagulasi kadang-kadang diperlukan koagulan pembantu yang dapat diperoleh dari daur ulang flok atau dengan menambahkan senyawa polyelektrolit guna menghasilkan pengendapan cepat. Untuk menentukan ketepatan dosis dan koagulasi, perlu dilakukan analisis *jar test* yang dikerjakan di laboratorium, guna memahami lebih jauh tentang proses kimia terhadap pengolahan air dengan koagulasi (Tjokrokusumo, 1998).

1.13 Bak Sedimentasi

Sedimentasi adalah suatu unit operasi untuk menghilangkan materi tersuspensi atau flok kimia secara gravitasi. Proses sedimentasi pada pengolahan air limbah umumnya untuk menghilangkan padatan tersuspensi sebelum dilakukan proses selanjutnya. Gumpalan padatan yang terbentuk pada proses koagulasi masih berukuran kecil, gumpalan-gumpalan kecil ini akan terus bergabung menjadi gumpalan yang lebih besar pada proses flokulasi. Terbentuknya gumpalan-gumpalan besar membuat beratnya semakin bertambah, sehingga karena gaya

gravitasi gumpalan-gumpalan tersebut akan bergerak ke bawah dan mengendap pada bagian dasar bak sedimentasi.

Proses ini digunakan untuk pemindahan pasir, penghilang partikel pada pengendapan utama, penghilang flok-flok kimia apabila proses koagulasi kimia digunakan dan untuk konsentrasi padatan dalam pengendapan lumpur (Metcalf and Eddy, 1979).

Proses pengendapan partikel berlangsung akibat pengaruh gaya partikel atau berat partikel itu sendiri. Pengendapan akan berlangsung sempurna apabila aliran dalam air dalam keadaan tenang (laminar). Gerakan partikel dalam air yang tenang akan diperlambat oleh hambatan akibat kekentalan air (*drag force*) samapai dicapai keadaan (gaya hambatan = gaya berat partikel efektif). Berat gaya partikel dalam air (*impelling force*) merupakan *resultant* antara gaya berat partikel dan gaya apung (*bouyant force*).

$$F_v = \rho_s \cdot g \cdot V_p \quad (15)$$

$$F_b = \rho_w \cdot g \cdot V_p \quad (16)$$

Maka diperoleh rumus untuk mencari gaya berat efektif partikel dalam air:

$$F_i = F_v - F_b \quad (17)$$

$$F_i = \rho_s \cdot g \cdot V_p - \rho_w \cdot g \cdot V_p \quad (18)$$

$$F_i = (\rho_s - \rho_w) g \cdot V_p \quad (19)$$

Keterangan:

F_i : gaya berat efektif partikel dalam air

F_v : gaya berat partikel

F_b : gaya apung

ρ_s : rapat massa partikel

ρ_w : rapat massa air

g : gravitasi bumi

V_p : volume partikel

Gaya hambatan yang dialami partikel bergerak dalam air dipengaruhi oleh kekasaran, ukuran, bentuk, kecepatan gerak partikel, rapat massa dan kekentalan air. Gaya hambatan dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot A_p \cdot \rho \cdot V_s^2 \quad (20)$$

Keterangan:

F_d : gaya hambatan

C_d : koefisien hambatan

A_p : luas proyeksi partikel

ρ : rapat massa air

V_s : kecepatan gerak partikel

Hukum stokes : Ketika partikel mengendap dengan diskrit kecepatan pengendapan partikel dapat dihitung dan bak dapat di desain untuk menghilangkan ukuran partikel tertentu. Kecepatan pengendapan dalam air dapat ditentukan dari rumus

$$V_t = \sqrt{\left(\frac{2g(\rho_s - \rho_w)}{C_D \rho_w} \right) \left(\frac{V_p}{A_p} \right)} \quad (21)$$

$$\frac{V_p}{A_p} = \frac{4/3 \left(\frac{d}{2}\right)^2}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{2d_p}{3} \quad (22)$$

Selanjutnya

$$V_t = \sqrt{\left(\frac{4g}{3C_d}\right) \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\right)} d_p \quad (23)$$

Keterangan:

V_t : kecepatan pengendapan

ρ_s : rapat massa partikel

ρ_w : rapat massa air

g : gravitasi bumi

V_p : volume partikel

A_p : luas proyeksi partikel

C_d : koefisien hambatan

d_p : diameter partikel

π : 3,14 atau $\frac{22}{7}$

Efisiensi pengendapan tidak langsung dipengaruhi oleh kedalaman bak, tetapi dipengaruhi oleh kecepatan pengendapan. Untuk memperoleh hasil yang optimal, perancangan kolam pengendapan tidak harus dalam.

Tabel 7. Kriteria Pra-Rancangan Untuk Bak Sedimentasi

No	Kriteria	Satuan	Nilai
1	Laju beban permukaan	m ³ /m ² .hari	24-48
2	Laju limpahan	m ³ /m ² .hari	16-85
3	HRT	Jam	1-4
4	Kedalaman bak	M	2-4
5	BOD removal	%	70-90
6	COD removal	%	60-70
7	TSS removal	%	80-95
8	Efisiensi pengendapan	%	80-95

Sumber : Metcalf and Eddy, 1979

1.14 Filtrasi

Filtrasi adalah proses yang terdiri dari melepaskan campuran solid likuid melalui material porus (filter) kemudian menahan solid melepaskan likuid (filtrat) secara berlanjut (Tjokrokusumo,1998).

Menurut Tjokrokusumo (1998), terdapat tiga jenis filter yakni:

- a. Media tunggal filter: saringan hanya satu media, yaitu pasir atau pecahan arang antrasit
- a. Dual media filter: saringan dua media, yaitu pasir dan antrasit
- b. Multi media filter: saringan ini menggunakan tiga media yaitu antrasit, pasir dan garnet.

Berdasarkan pertimbangan biaya dan teknologi biaya rendah, pasir banyak dipergunakan sebagai media saring.

1.15 Saringan Pasir

Menurut Sugiharto (1987), Penyaringan adalah pengurangan lumpur tercampur dan partikel koloid dari air limbah dengan melewatkan pada media yang porous. Penyaringan banyak dijumpai sebagai pengolahan ketiga dari air limbah setelah mengalami proses biologis atau proses fisika kimia. Penyaringan akan memisahkan zat padat dan zat kimia yang dikandung air limbah. Terdapat dua macam penyaringan yang ada, yaitu saringan pasir lambat dan saringan pasir cepat, masing-masing dipilih berdasarkan pertimbangan teknik dan ekonomi dengan sasaran utamanya, yakni menghasilkan filtrat yang murah dengan kualitas yang tetap tinggi.

Terdapat beberapa jenis saringan pasir, yaitu :

1. Saringan pasir cepat
Saringan pasir cepat (SPC) atau *rapid sand filter* (RSF) merupakan saringan air yang dapat menghasilkan debit air hasil penyaringan yang lebih banyak daripada saringan pasir lambat (SPL). Walaupun demikian saringan ini kurang efektif untuk mengatasi bau dan rasa yang ada pada air yang disaring.
2. Saringan pasir lambat
Saringan pasir lambat adalah saringan yang menggunakan pasir sebagai media filter dengan ukuran butiran sangat kecil, namun mempunyai kandungan kuarsa yang tinggi.
3. Saringan pasir bertekanan
Suatu saringan pasir dengan tekanan (pressure sand filter) prinsipnya serupa dengan pasir penyaring secara cepat. Bedanya pada sistem ini bahan-bahan penyaring ditempatkan di dalam suatu wadah atau tangki tertutup yang terbuat dari baja, dalam bentuk vertikal atau horisontal. Air yang akan disaring dilewatkan melalui bahan penyaring dengan tekanan 65-100 psi.

Perbedaan konstruksi dan operasi antara filter pasir lambat terhadap filter pasir cepat dapat dilihat pada Tabel 8.

1.16 Bak Kontrol

Bak ini berfungsi sebagai penampungan akhir dari air limbah setelah melalui pengolahan-pengolahan sebelumnya. Selain itu bak ini juga berfungsi sebagai kontrol terhadap parameter limbah yang telah diolah. Bak kontrol dapat juga ditambahkan bioindikator berupa hewan air untuk memantau efisiensi unit pengolahan air limbah secara langsung tanpa melakukan uji parameter limbah.

1.17 Bak Penampung Lumpur

Bak ini berfungsi untuk menampung lumpur endapan dari bak sedimentasi yang terbentuk dari proses koagulasi flokulasi. Bak penampung lumpur juga digunakan sebagai bak untuk mengeringkan lumpur yang berasal dari unit koagulasi flokulasi sebelum dibuang ke lingkungan.

Tabel 8. Konstruksi dan operasi antara filter pasir lambat terhadap filter pasir cepat

Keterangan	Filter lambat	Filter cepat
Kecepatan filtrasi	0,1 - 0,24 m/jam	5 – 21 m/jam
Luas media filter	Luas :10-2.000 m ²	Sempit : 40 – 200 m ²
Kedalaman media	Kerikil :30 cm Pasir : 90 – 110 cm	Kerikil : 30 - 40 cm Pasir : 60 – 70 cm
Ukuran pasir	0,25 – 0,3 mm	0,55 atau lebih
Distribusi butir	Tidak berlapis	Berlapis antara butiran teringan diatas dan butiran terberat dibawah
Sistem buangan	Melalui pipa berlobang, cabang keluar melalui pipa utama	Melalui pipa berlobang, cabang keluar melalui pipa utama
Kehilangan head	6 cm awal – 120 akhir	30 cm awal – 240 cm akhir
Kurun waktu	20 – 30 – 60 hari	12 – 24 – 72 hari
Penetrasi unsur tersuspensi	Sangat baik	Sangat baik
Metoda pencucian	Pengerukan lapisan kotoran dan pencucian pasir	Pencucian balik dan menghilangkan solida tersuspensi
Jumlah air pencuci	0,2 – 0,6 % air yang disaring	4 – 6 % air yang disaring
Biaya konstruksi	Relatif murah	Relatif mahal
Biaya operasional	Relatif murah	Relatif mahal
Depresiasi	Relatif rendah	Tinggi

Sumber: *Tjokrokusumo, 1998*

1.18 Perancangan Terdahulu

Pra-rancangan instalasi pengolahan limbah yang pernah dilakukan oleh Saba Yulira (2005) pada limbah cair industri batik *printing* dengan kapasitas 80 m³/hari. Limbah cair yang dihasilkan memiliki parameter, BOD 251,20 mg/L, COD 358,86 mg/L, TSS 292 mg/L. Kadar tersebut menunjukkan bahwa limbah cair yang dihasilkan masih di atas baku mutu, sehingga perlu dilakukan perencanaan instalasi pengolahan limbah.

Perbedaan perancangan ini dengan perancangan terdahulu yaitu:

- Sistem pengolahan dilakukan secara *batch*, sedangkan perancangan terdahulu dilakukan secara kontinu.
- Pengolahan akhir menggunakan filtrasi, mengingat studi kasus merupakan industri batik rumah tangga, sehingga perlu menggunakan teknologi yang sederhana dan relatif murah akan tetapi dapat berjalan secara efektif.
- Karakteristik limbah yang berbeda dari limbah cair batik *printing*

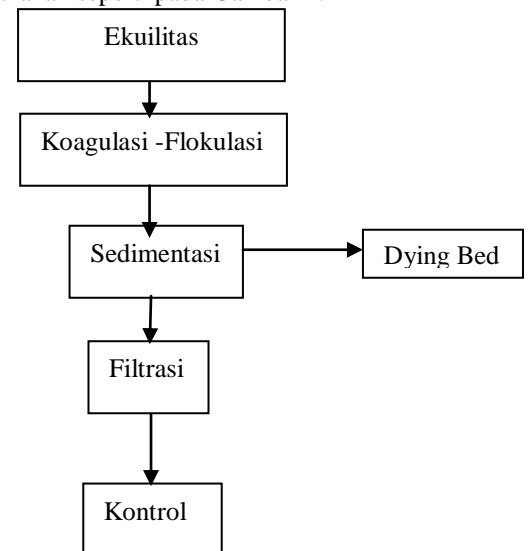
2. Metode Penelitian

Obyek pra-rancangan ini dikhususkan membahas rancangan unit pengolahan limbah cair industri batik sembung yang terletak di Dusun Sembungan, Desa Gulurejo, Kecamatan Lendah, Kabupaten Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta.

Data yang dibutuhkan untuk dasar pelaksanaan pra-rancangan adalah tersebut dibawah ini :

- Metode pengumpulan data yang digunakan yaitu dengan studi pustaka mengenai hal – hal yang berkaitan dengan limbah cair industri batik dan teknik pengolahannya.
- Kriteria desain sebagai acuan dalam merancang bangunan pengolahan limbah cair industri batik.
- Data primer yang didapat dari survey langsung dilapangan untuk mendapatkan debit limbah cair industri batik, parameter BOD, COD, TSS, TDS, pH.

Berdasarkan karakteristik limbah cair industri batik Sembung, secara sistematis proses pengolahan air limbah yang direncanakan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir proses pengolahan

Langkah Pra-rancangan

1. Tahap Observasi

Pra-rancangan diawali dengan observasi lapangan, untuk mendapatkan data berkaitan dengan proses pencucian, debit limbah cair, karakteristik limbah cair, kondisi lahan, luas lahan dan perkiraan tata letak IPAL.

2. Tahap Kajian

Setelah mengetahui karakteristik limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan tersebut, maka dilakukan analisis tentang sistem pengolahan yang akan digunakan. Hal ini dapat dilakukan dengan studi literatur. Perancangan diagram alir

proses pengolahan IPAL dilakukan setelah mengetahui sistem pengolahan yang digunakan.

3. Tahap Pra-rancangan

Tahap selanjutnya dilakukan perhitungan mengenai dimensi IPAL yang akan dirancang kemudian di gambar. Perhitungan rencana anggaran biaya dilakukan setelah dimensi IPAL sudah diketahui. Perhitungan biaya ini disesuaikan dengan harga bahan setempat, upah setempat, keamanan dan transportasi material.

4. Tahap Penyusunan Rancangan IPAL

Penyusunan perancangan IPAL dilakukan dengan diawali tentang latar belakang, tinjauan pustaka, dasar hukum, diagram alir, rencana anggaran biaya, dan gambar teknis IPAL.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Debit Air Limbah

Industri batik Sembung melakukan produksi setiap hari dengan kapasitas rata-rata 100 potong kain batik perhari, dengan proses pelorodan malam, pencucian kain batik hasil produksi dilakukan di satu tempat dengan menggunakan beberapa bak pencuci. Untuk mengetahui debit air limbah yang dihasilkan dari proses pencucian kain batik, maka dilakukan perhitungan kapasitas masing-masing bak pencucian yang menghasilkan jumlah air buangan sebesar $5,5\text{m}^3$ dengan suhu air limbah 31°C .

3.2 Hasil Uji Jar Test

Sebelum dilakukan dilakukan uji *jar test* limbah cair indutri batik di lakukan pemeriksaan parameter yaitu: TSS, TDS, BOD, COD dan pH. Setelah mengetahui hasil dari pemeriksaan beberapa parameter, ternyata limbah cair batik tersebut masih jauh diatas baku mutu, sehingga perlu dilakukan pengolahan air limbah untuk menurunkan parameter air limbah.

Sebelum dilakukan pengolahan air limbah, dilakukan uji *jar test* untuk mengetahui dosis koagulan yang akan digunakan pada pengolahan air limbah. Berikut hasil uji *jar test* dosis koagulan:

Dosis Koagulan (Tawas 5%) : 16 mL/ 250 mL

Dosis Superflok 0,2 % : 5 mL/ 250 mL

Hasil pemeriksaan parameter sampel limbah cair batik sebelum pengolahan dan sesudah uji *jar test* ada pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Sebelum Dan Sesudah Uji Jar Test

No	Parameter	Satuan	Hasil		
			Sebelum	Sesudah	Baku Mutu
1	TSS	mg/L	40	97	200
2	TDS	mg/L	5.325	5.720	1000
3	BOD ₅	mg/L	2.712,02	620,08	50
4	COD	mg/L	10.464,00	1.616,00	100
5	pH		10,5	7,13	6,0-9,0

Dari hasil pemeriksaan parameter sampel limbah cair batik yang melebihi baku mutu, sehingga perlu dilakukan pengolahan limbah cair batik, untuk mengurangi pencemaran lingkungan

3.3 Dimensi Alat

Perancangan IPAL industri batik terdiri dari beberapa unit yaitu: bak ekualisasi, bak koagulasi-flokulasi, bak sedimentasi, filtrasi, bak kontrol dan *drying bed*.

Proses awal perancangan IPAL dilakukan dengan perhitungan dimensi masing-masing unit. Adapun perhitungan masing-masing unit tersebut adalah sebagai berikut:

a. Bak Ekualisasi

Desain ekualisasi berbentuk persegi panjang
 Limbah yang dihasilkan $Q = 5,5\text{ m}^3/\text{hari}$
 Tinggi yang diambil: 2,5 m
 Panjang bak = 2,2 m
 Lebar = 1,1 m

b. Bak Koagulasi-Flokulasi

Desain bak koagulasi-flokulasi berbentuk tabung
 Limbah yang dihasilkan $5,5\text{ m}^3 / \text{hari}$, dilakukan pengolahan secara *batch* dengan 3 kali pengolahan dalam sehari.

Bak koagulasi-flokulasi berbentuk tabung dengan diameter: 1,2 m, jari-jari (r) = 0,6 m dan Tinggi 1,95 m.

Waktu pengadukan koagulasi : 30 det

Waktu pengadukan flokulasi : 60 det

Pengaduk pedal plat 4 daun, dengan Kt : 2,75

Kecepatan putaran pengaduk koagulas : 100 rpm

Kecepatan putaran pengaduk flokulasi : 20 rpm

c. Bak Sedimentasi

Diketahui : Q desain pra-rancangan : $5,5\text{ m}^3/\text{hari}$

Kedalaman : 1 m

Panjang bak sedimentasi : 2,013 m

Lebar bak sedimentasi : 1,0065 m

Waktu tinggal : 3 jam

d. Drying Bed

Volume lumpur pada ruang pengendapan = $0,33\text{ m}^3$ untuk 3 x proses pengolahan

Maka,

Panjang bak : 0,92 m

Lebar bak : 0,46 m

Tinggi bak : 0,77 m

e. Filtrasi

Diketahui: kecepatan filtrasi (V): 0,24 m/jam

Debit limbah (Q): $5,5\text{ m}^3/\text{hari} = 0,671\text{ m}^3/\text{jam}$

Panjang : 2,36 m

Lebar : 1,18 m

Tinggi : 2,4 m

Tinggi media : 1,4 m

Kecepatan filtrasi: 0,24 m/jam

f. Bak Kontrol

Debit rata-rata dari filtrasi: $0,23\text{ m}^3/\text{jam}$

Waktu tinggal yang diambil: 2 jam

Dimensi bak berbentuk kubus

4. Kesimpulan

1. Objek perancangan ini dikhususkan untuk membahas rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Batik Sembung Kulonprogo.
2. Karakteristik air limbah yang digunakan adalah nilai yang tercantum di dalam Tabel 2.
3. Rancangan IPAL untuk mengolah limbah industri batik Sembung adalah sebagai berikut : ekualisasi, koagulasi-flokulasi, sedimentasi, *drying bed* filtrasi, dan kontrol.
4. Proses perancangan IPAL meliputi : menghitung dimensi masing-masing unit, menggambarkan rancangan IPAL dan menghitung rencana anggaran biaya.
5. Dimensi bak pada perancangan IPAL adalah, bak ekualisasi (panjang = 2,2 m, lebar = 1,1 m, tinggi = 2,5 m), bak koagulasi-flokulasi (diameter = 1,2 m, tinggi = 1,95 m), bak sedimentasi (panjang = 2,013 m, lebar = 1,0065 m, tinggi = 1 m), bak *drying bed* (panjang = 0,92 m, lebar = 0,46 m, tinggi = 0,77 m), bak filtrasi (panjang = 2,36 m, lebar = 1,18 m, tinggi = 2,4 m), dan bak kontrol (panjang = 1,138 m, lebar = 1,138 m, tinggi = 1,138 m).

Daftar Pustaka

- Anonim. 2011. *Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil, Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Pekerjaan Umum*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta
- Anonim. 2012. *Filtrasi*. Dikutip dari www.restumibrahim.blogspot.co.id, diakses pada 05 april 2016.
- Anonim. 2015. *Daftar Harga Material Bahan Bangunan*. Dikutip dari www.pip2bdiy.com/download/harga.co.id, diakses tanggal 07 Maret 2016..
- Davis, Mackenzie L., 2002, *Water & Wastewater Engineering Design Principles and Practice*, Mc.Graw-hill International Edition : New York.
- Djayadinigrat. A, 1992. *Pengendalian Pencemaran Limbah Industri*. ITB, Bandung.
- Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta. 2010. *Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Pelayanan Kesehatan, Dan Jasa Pariwisata*. Sekretaris Daerah. Yogyakarta
- Republik Indonesia. 2014. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun*. Sekretariat Negara. Jakarta
- Reynold, Tom. D, 1982. *Unit Operation and Process Environmental Engineering*. Monterey California.
- Setiawati. P, 2004. *Kupas Tuntas Teknik Mematik*. Absolute. Yogyakarta.
- Sugiharto, 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Tarigan, M.S dan Edward. 2003. *Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspended Solid) Di Perairan Raha, Sulawesi Tenggara*. Bidang Dinamika Laut. Pusat Penelitian Oseanografi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta. Makara Sains Vol. 7, No. 3.
- Yulira , S. 2005, *Pra-Rancangan Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Printing dengan Kapasitas 80 m³/hari*. STTL "YLH". Yogyakarta.