

**OPTIMISASI PROSES KOAGULASI FLOKULASI UNTUK
PENGOLAHAN AIR LIMBAH
INDUSTRI JAMU
(STUDI KASUS PT. SIDO MUNCUL)**



**Tesis
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat sarjana S2**

Magister Teknik Kimia

Dian Risdianto

NIM : L 4 C 0 0 5 0 3 7

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2007**

Tesis

**OPTIMISASI PROSES KOAGULASI FLOKULASI
UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH
INDUSTRI JAMU.
(STUDI KASUS PT. SIDO MUNCUL)**

Disusun Oleh :

Dian Risdianto

L 4 C 0 0 5 0 3 7

Telah dipertahankan didepan tim penguji

Pada tanggal 09 Agustus 2007

dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

**Ketua Program studi
Magister Teknik Kimia**

**Menyetujui,
Pembimbing**

Prof. Dr.Ir. Bambang Pramudono, MS

Ir. Danny Soetrisnanto, M.Eng

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa tesis ini hasil pekerjaan Saya sendiri dan didalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi dan lembaga pendidikan lainnya. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penerbitan maupun yang belum/tidak diterbitkan, sumbernya dijelaskan dalam tulisan dan daftar pustaka.

Semarang, Juli 2007

Dian Risdianto

**OPTIMISASI PROSES KOAGULASI FLOKULASI UNTUK
PENGOLAHAN AIR LIMBAH
INDUSTRI JAMU
(STUDI KASUS PT. SIDO MUNCUL)**

ABSTRAK

Air limbah industri jamu, farmasi, makanan dan minuman seperti PT. Sido Muncul mengandung zat-zat organik (*organic sludge*) selebihnya komponen non organik yang tidak berbahaya, namun demikian air limbah tersebut mempunyai harga zat padat terlarut, zat padat tersuspensi, COD dan BOD yang melebihi baku mutu yang dikeluarkan pemerintah yaitu peraturan daerah no 10 tahun 2004 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri Jamu dan Farmasi di Propinsi Daerah Tingkat I Jawa Tengah, sehingga diperlukan langkah penanganan. Air limbah pada tahap aktivitas industri jamu seperti PT. Sido Muncul berasal dari beberapa unit usaha meliputi unit pembuatan jamu tradisional akan menghasilkan air limbah yang berasal dari pencucian bahan baku, pencucian peralatan proses produksi sedang pada industri makanan, air limbah berupa air cucian remah-remah, air cucian tangki produksi, cooling, filling dan beberapa proses pendukung lainnya. Air limbah PT. Sido Muncul mempunyai *hidroulic load* sekitar $130 \text{ m}^3 / \text{hari}$, flow time sekitar 18 jam mulai dari jam 06.00 – 24.00 WIB dengan *peak flow* $10 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan biaya operasional pengolahan air limbah yang diperlukan sekitar Rp. 129.412,5 / m^3 air limbah.

Penanganan air limbah ini sudah dilakukan oleh PT. Sido Muncul dengan menggunakan cara koagulasi dan flokulasi tapi proses ini belum memperoleh hasil yang optimal sehingga penelitian ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan kombinasi koagulan flokulan yang terbaik dalam mereduksi komponen-komponen koloid dan partikel tersuspensi pada efluen limbah cair sehingga proses dapat berlangsung secara efektif dan efisien serta dapat menurunkan biaya operasional pengolahan air limbah.

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap yaitu pemilihan variabel proses dan penentuan dosis optimum variabel proses. Pada pemilihan variabel proses dilakukan penapisan menggunakan rancangan taguchi, diperoleh tiga variabel yang memberikan efek positif yang terbesar pada proses koagulasi flokuasi yaitu koagulan fero sulfat, flokulan kationik Polyethylene-Imine dan pH yang selanjutnya digunakan untuk penentuan dosis optimum variabel proses kemudian dilakukan pengujian dosis optimum untuk air limbah. Penelitian dilakukan dengan parameter turbidity.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variabel proses koagulan fero sulfat dosis 200 mg/l, flokulan kationik Polyethylene-Imine dosis 5 mg/l dan kondisi pH = 7 merupakan kondisi yang paling optimal, hal ini dilihat dari % penurunan nilai turbidity yang dihasilkan oleh variabel proses tersebut yang mencapai 92.7% dengan nilai turbidity 14.0 FTU. Biaya operasional untuk pengolahan air limbah PT. Sido Muncul dapat diturunkan menjadi Rp. 26.040,0 / m^3 , sehingga penurunan biaya operasional untuk pengolahan air limbah ini sampai 79.88%.

Kata kunci : koagulasi, Flokulasi, koagulan, flokulan, turbidity.

**OPTIMIZATION THE PROCESS OF FLOCCULATION COAGULATION TO
WASTE WATER OF HERBAL MEDICINE INDUSTRIES
(Study Case of PT SIDO MUNCUL)**

Abstract

Waste water of herbal medicine industries, pharmacy, and beverages such Sido Muncul, consist of many organically substances (*Organic sludge*), others are harmless non-organic components, however, waste water has high value for dissolved soluble substance, suspended solid substance, COD and BOD, then it is required treatment stage. Waste water in herbal medicine activities such Sido Muncul sourced form many processing unit, include traditional herbal medicine processing unit, will carrying out waste water from washing the raw material, washing production processes instrument, while, waste water in food industries formed as crumb washing water, washing water in production tank, cooling, filling, etc (such as production process diagram above). PT Sido Muncul waste water has *hydraulic loud* of 130 m³/day, *flow time* of 18 hours started from 06.00 – 24.00, and *peak flow* about 10 m³/hours with waste water treatment cost about Rp. 129.412,5 /m³.

Waste water treatment has performed by PT Sido Muncul with flocculation and coagulation methods, but this process has not yet give optimal result, therefore this research conducted, with the aim to get the best coagulation flocculation combination in reducing colloid components and suspended particle on waste water effluent, then this process can proceed more efficient, effective and reducing waste water treatment operational cost.

This research divided to two-step that is screening process variable and determine optimal dose of process variable. On screening of variable process, there is performed censorship using taguchi design to get three-process variable that most influencing coagulation flocculation process, which further used in determining optimal dose of process variable. Finally, it is performed optimal dose test to waste water. This research performed with turbidity as a key parameter.

The results shows that process variable of coagulant Ferro sulfate 200 mg/l, flocculant cationic 5 mg/l and pH circumstance = 7 becomes the most optimal condition, it shown from decreasing presentation of turbidity value that resulted from process variable that achieve 92,7 % with 14.0 FTU turbidity value. Waste water treatment cost can be reduced to Rp. 26.040,0 /m³, so can be reduced waste water treatment operational cost about 79.88%.

Keywords: Coagulation, Flocculation, Coagulant, Flocculant, Turbidity

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah.SWT yang telah memberikan karunia dan melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini sebagai persyaratan penyelesaian studi pada program Magister Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang .

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr.Ir. Bambang Pramudono, MS. selaku Ketua Program Magister Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang.
2. Bapak Ir. Danny Soetrisnanto, M.Eng. selaku pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan dalam penulisan usulan penelitian, pelaksanaan penelitian sampai penyelesaian tesis ini.
3. Kedua orang tua dan adik-adik penulis di Bandung, yang telah memberikan dukungan moril, motivasi, materi serta doa yang selalu tercurah.
4. Istriku tercinta Wida Farida Kharismawaty, ananda tersayang Diella Aisyah Rismadinna dan Muhammad Evan Rismawan yang selalu mendampingi, membantu, memberi semangat, harapan dan mendoakan.
5. Mas Khusein, Pak Widodo, Bu Muji dan direksi serta karyawan PT. Sido Muncul, khususnya di Divisi Lingkungan dan Proses yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian.
6. Dosen serta rekan mahasiswa program Magister Teknik Kimia Universitas Diponegoro angkatan tahun 2005, karyawan jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang serta semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian penelitian ini.

Semoga Allah.SWT membalas semua kebaikannya. Penulis sudah berusaha untuk menyajikan segala yang terbaik dalam penulisan tesis ini, namun kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan untuk perbaikan tugas selanjutnya. Penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukannya.

Semarang, Juli 2007

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan.....	i
Lembar Pernyataan.....	ii
Abstraksi.....	iii
Kata Pengantar.....	v
Daftar Isi.....	vi
Daftar Gambar.....	ix
Daftar Tabel.....	xi
Lampiran.....	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Gambaran Umum.....	3
1.2.1 Kualitas air.....	3
1.2.2 Limbah dari Aktivitas Industri.....	6
1.2.2.1 Limbah Padat.....	6
1.2.2.2 Limbah Cair.....	7
1.2.3. Air Limbah PT. Sido Muncul.....	7
1.2.3.1 Sumber Air Limbah PT. Sido Muncul.....	10
1.2.3.2 Bagan Alir Proses Produksi di PT. Sido Muncul.....	12
1.2.4 Pengolahan Air Limbah PT. Sido Muncul Sebelum Penelitian.....	19
1.2.5 Karakteristik Air Limbah PT. Sido Muncul Sebelum Diolah.....	21
1.2.6 Proses pengolahan air limbah PT. Sido Muncul Sebelum Penelitian.....	22
1.2.7 Karakteristik Air Limbah PT. sidomuncul Setelah Diolah.....	23
1.2.8 Biaya Untuk Pengoperasian IPAL PT. Sido Muncul.....	25
1.2.9 Baku Mutu Air Limbah Yang Diperbolehkan Dibuang ke Lingkungan.....	26

1.2.10. Optimasi Proses Koagulasi Flokulasi Air Limbah	
PT. Sido Muncul	27
1.3. Tujuan Penelitian	29
1.4. Manfaat Penelitian	29

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah	30
2.1.1 Pengertian Air Limbah	30
2.1.2 Sifat dan Karakteristik Air Limbah	30
2.1.2.1 Sifat Fisik	30
2.1.2.2 Sifat Kimia	32
2.1.2.3 Sifat Bakteriologis	34
2.2 Penanganan Limbah Cair	34
2.2.1 Pengolahan Secara Fisika	34
2.2.2 Pengolahan Secara Kimia	36
2.2.3 Pengolahan secara Biologi	38
2.3 Koagulasi Flokulasi	40
2.3.1 Koagulasi	40
2.3.2 Flokulasi	44
2.4 Jartest	49
2.4.1 Tujuan Jartest	49
2.4.2 Kegunaan Jartest dalam Industri	49
2.4.2.1. Koagulasi	49
2.4.2.2. Flokulasi	50
2.4.2.3. Presipitasi	50
2.4.2.4. Oksidasi dan Desinfektan	50
2.4.3 Metode pengujian koagulasi flokulasi dengan jartest	50

BAB III METODA PENELITIAN

3.1 Bahan Material dan Peralatan	53
3.1.1. Bahan Material yang digunakan	53
3.1.2. Peralatan yang digunakan	54
3.2 Metode Analisa.....	59
3.3 Teknik Pengambilan Sampel.....	59
3.4 Analisa Sampel.....	59
3.5 Intrepetasi Data.....	59
3.6 Pelaksanaan Penelitian	60
3.6.1 Penelitian Pemilihan Variabel Proses	60
3.6.2 Penentuan Dosis Optimum.....	64

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Waktu Penyimpanan Terhadap Nilai Turbidity dan Nilai Absorbansi	66
4.2 Hasil Penelitian Pemilihan Variabel Proses.....	71
4.3 Hasil Penelitian Penentuan Dosis Optimum.....	75
4.4 Efesiensi nilai ekonomi.....	88

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	91
5.2. Saran	92

BAB VI. RINGKASAN

Ringkasan.....	93
----------------	----

DAFTAR PUSTAKA	95
-----------------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Pabrik Jamu PT. Sido Muncul	2
Gambar 1.2.	Air Limbah PT. Sido Muncul	3
Gambar 1.3.	Limbah Padat Organik	6
Gambar 1.4.	Proses Pencucian Bahan Baku Jamu.....	7
Gambar 1.5.	Bagan Alir Jumlah Air Limbah yang Dihasilkan Tiap Unit Proses Produksi PT. Sido Muncul	11
Gambar 1. 6.	Bagan Alir Kegiatan Industri Obat Tradisional dan Farmasi	13
Gambar 1.7.	Bagan Alir Pembuatan Kecap.....	14
Gambar 1.8.	Bagan Alir Pembuatan Permen.....	15
Gambar 1.9.	Bagan Alir Pembuatan Mie.....	16
Gambar 1.10.	Bagan Alir Pembuatan Minuman/jamu Cair.....	17
Gambar 1.11.	Bagan Alir Pembuatan Air Oksigen.....	18
Gambar 1.12.	Proses pengolahan air limbah PT. Sido Muncul	22
Gambar 1.13.	Clarifier pada IPAL PT. Sido Muncul	23
Gambar 2.1.	Skema Diagram Pengolahan Limbah Secara Fisik	35
Gambar 2.2.	Skema Diagram Pengolahan Limbah Secara Kimiawi.....	37
Gambar 2.3.	Skema Diagram Pengolahan Limbah Secara Biologi.....	39
Gambar 2.4.	Proses Pengikatan Partikel Koloid oleh Koagulan.....	41
Gambar 2.5	Proses Pengikatan Partikel Koloid oleh Flokulan.....	44
Gambar 2.6.	Proses koagulasi flokulasi terhadap partikel koloid.....	49
Gambar 2.7.	Jartest	49
Gambar 4.1.	Grafik pengaruh penurunan nilai turbidity terhadap waktu penyimpanan	68
Gambar 4.2.	Grafik pengaruh penurunan nilai asorbansi terhadap waktu penyimpanan	69
Gambar 4.3.	Grafik hubungan antara variasi komposisi dosis flokulan dan koagulan terhadap % penurunan nilai turbidity dengan kondisi awal 213.0 FTU untuk flokulan 2-5 mg/l dan kondisi awal 194.3 FTU untuk flokulan 5-10mg/l dengan pH 7	81

Gambar 4.4.	Grafik hubungan antara variasi komposisi dosis flokulan dan koagulan terhadap % penurunan nilai turbidity dengan kondisi awal 193.3 FTU untuk flokulan 2-5mg/l dan dengan kondisi awal 188.5 FTU untuk flokulan 5-10mg/l dengan pH 7.....	81
Gambar 4.5.	Grafik hubungan antara variasi komposisi dosis flokulan terhadap % penurunan nilai turbidity dengan kondisi awal 196.2 FTU dan 191.4 FTU pada pH 7 dan koagulan fero sulfat 100 mg/l.....	84
Gambar 4.6.	Grafik hubungan antara variasi komposisi dosis flokulan terhadap % penurunan nilai turbidity dengan kondisi awal 196.2 FTU dan 191.4 FTU pada pH 7 dan koagulan fero sulfat 200 mg/l.....	85
Gambar 4.7.	Grafik hubungan antara variasi komposisi dosis flokulan terhadap % penurunan nilai turbidity dengan kondisi awal 196.2 FTU dan 191.4 FTU pada pH 7 dan koagulan fero sulfat 300 mg/l.....	85
Gambar 4.8.	Grafik regresi terhadap variasi komposisi dosis flokulan terhadap % penurunan nilai turbidity dengan kondisi awal 196.2 FTU dan 191.4 FTU pada pH 7 dan koagulan fero sulfat 200 mg/l.....	85
Gambar Peralatan yang Digunakan Penelitian		54
Jar Test.....		54
Turbidity Meter.....		55
Spektrofotometer.....		56
Neraca analitik.....		57
pH meter... ..		58

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Hasil Analisa Kualitas Air Bawah Tanah PT. Sido Muncul.....	5
Tabel 1.2. Hasil Analisis Contoh Air Limbah PT. Sido Muncul Sebelum Diolah ...	21
Tabel 1.3. Hasil Analisis Contoh Air Limbah PT. Sido Muncul Setelah Diolah Sebelum Penelitian.....	24
Tabel 1.4. Harga dan dosis bahan kimia yang digunakan untuk injeksi kimia proses pengolahan air limbah sebelum penelitian	25
Tabel 1.5. Biaya operasional pengolahan air limbah sebelum penelitian.....	25
Tabel 1.6. Baku mutu air limbah untuk industri jamu dan farmasi Daerah Tingkat I Jawa Tengah.....	26
Tabel 2.1. Penerapan dosis koagulan.....	43
Tabel 2.2. Penerapan dosis flokulan	45
Tabel 2.3. Tipe Flokulator.....	45
Tabel 2.4. Tipikal detention time dan gradient kecepatan G pada jenis-jenis flokulator.....	46
Tabel 3.1. Variabel Uji Percobaan dengan Sistem Koagulasi & Flokulasi	61
Tabel 3.2. Matriks Rancangan Taguchi	62
Tabel 3.3. Rancangan penelitian penentuan dosis optimum.....	65
Tabel 4.1. Karakteristik Air Limbah Terhadap Waktu Penyimpanan	67
Tabel 4.2. Nilai efek parameter terhadap variabel proses dengan metode Penapisan Taguchi pada tanggal 13 Nopember 2007	71
Tabel 4.3. Nilai efek parameter terhadap variabel proses dengan metode penapisan Taguchi pada tanggal 21 Nopember 2007	72
Tabel 4.4. Rancangan penelitian penentuan dosis optimum.....	76
Tabel 4.5. Air limbah dengan turbidity 213 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 200 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l...	77
Tabel 4.6. Air limbah dengan turbidity 193.3 FTU diproses pada pH = 7 Koagulan Ferro sulfat 200 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l...	77
Tabel 4.7. Air limbah dengan turbidity 213 FTU diproses pada pH = 4, Koagulan Ferro sulfat 200 mg/l dan variasi Flokulan sampai 5 mg/l	78

Tabel 4.8. Air limbah dengan turbidity 193.3 FTU diproses pada pH = 4, Koagulan Ferro sulfat 200 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l...	78
Tabel 4.9. Rancangan penelitian penentuan dosis optimum lanjutan.....	80
Tabel 4.10 Rancangan pengujian penelitian penentuan dosis optimum.....	83
Tabel 4.11 Harga bahan kimia yang digunakan untuk injeksi kimia proses pengolahan air limbah setelah penelitian.....	88
Tabel 4.12 Biaya operasional pengolahan air limbah setelah penelitian.....	88

LAMPIRAN

LAMPIRAN I.

CARA KERJA ALAT JARTEST DAN TURBIDITYMETER.....L I

LAMPIRAN II.

SAMPEL AIR LIMBAH YANG DIAMBIL DARI PT. SIDO MUNCUL.....L 2

LAMPIRAN III

HASIL PENELITIAN TAHAP PEMILIHAN VARIABEL PROSES.....L 3

LAMPIRAN IV

HASIL PENELITIAN TAHAP PENENTUAN KONDISI OPTIMUM.....L 4

LAMPIRAN V

HARGA BAHAN KIMIA UNTUK PROSES KOAGULASIL 5

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan merupakan kegiatan sadar dan terencana dalam upaya merubah suatu keadaan ke arah yang lebih baik. Kegiatan pembangunan biasanya selalu membawa dampak positif dan negatif. Untuk mengeliminasi dampak negatif dan mengoptimalkan dampak positif, setiap kegiatan pembangunan harus ditelaah aspek kelayakan lingkungannya[1]. Pengelolaan sumber daya secara bijaksana dalam pembangunan berkelanjutan antara lain dimaksudkan untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat dan mutu hidup rakyat, oleh karenanya perlu dijaga keserasian antar berbagai usaha dan atau kegiatan. Setiap usaha dan atau kegiatan yang diperkirakan akan menimbulkan dampak terhadap lingkungan hidup, perlu dilakukan analisis sejak perencanaannya sehingga langkah pengendalian dampak negatif dan pengembangan dampak positif dapat dipersiapkan sedini mungkin[2,3]. Pembangunan lingkungan hidup diarahkan pada terwujudnya kelestarian lingkungan dalam keseimbangan dan kelestarian yang dinamis untuk menjamin terlaksananya pembangunan yang berkelanjutan, melalui berbagai kebijakan yakni pengelolaan lingkungan dan pemanfaatan sumber daya alam yang berwawasan lingkungan, upaya rehabilitasi dan pelestarian sumberdaya alam dan lingkungan hidup serta peningkatan sumber daya manusia yang diikuti dengan peningkatan kelembagaan[4,5]. PT. Sido Muncul merupakan industri obat tradisional dan farmasi yang berdiri sejak tahun 1956 dengan salah satu lokasi pabriknya berada di Desa Diwak dan Desa Bergas Kidul Kabupaten Semarang, dibangun diatas lahan seluas 29 hektar. Luas bangunan untuk aktifitas produksi dan kantor sampai saat ini sekitar 5 hektar sedang lahan 24 hektar merupakan tanah perkebunan, pesawahan, resapan air dan agrowisata.



Gambar 1.1. Pabrik Jamu PT. Sido Muncul di desa Diwak

Pada tahun 2004 PT. Sido Muncul mengembangkan produk baru berupa makanan dan minuman, produk makanan dan minuman yang diproduksi yaitu kecap, sambal, permen dan mie. Sebagai industri keberadaan PT. Sido Muncul harus dilengkapi dengan pengolahan limbah yang memungkinkan aktifitas industri yang di lakukan tetap ramah lingkungan, keterkaitan dengan penelitian ini adalah instalasi pengolahan air limbah yang berhubungan dengan air limbah yang dihasilkan dalam aktivitas industrinya. Air limbah merupakan salah satu masalah dalam pengendalian dampak lingkungan industri jamu karena memberikan dampak yang luas terhadap lingkungan hal ini disebabkan oleh karakteristik fisik maupun karakteristik kimianya yang memberikan dampak negatif terhadap lingkungan[6]. Air limbah yang dihasilkan oleh aktivitas industri PT. Sido Muncul mempunyai *hidroulic load* sekitar $130 \text{ m}^3 / \text{hari}$, *flow time* sekitar 18 jam mulai dari jam 06.00 – 24.00 WIB dengan *peak flow* sekitar $10 \text{ m}^3/\text{jam}$. Air limbah industri jamu, farmasi, makanan dan minuman seperti PT. Sido Muncul sebagian besar terdiri dari zat-zat organik (*organic sludge*) selebihnya komponen komponen non organik yang tidak berbahaya, namun demikian air limbah tersebut mempunyai harga zat padat terlarut, zat padat tersuspensi, COD dan BOD yang cukup tinggi sehingga diperlukan langkah penanganan sebelum dibuang ke lingkungan sebagai efluen atau dimanfaatkan kembali sebagai air pendukung aktivitas industri[7].



Gambar 1.2. Air limbah PT. Sido Muncul

1.2. Gambaran Umum

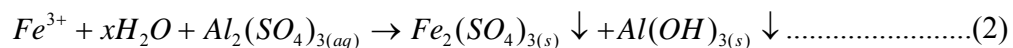
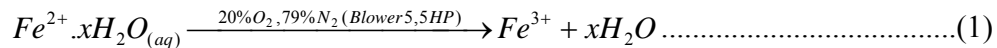
Secara umum kondisi lingkungan PT. Sido Muncul meliputi aktivitas industri, pendukung aktivitas industri dan penanganan limbah industri. Aktivitas produksi di PT. Sido Muncul meliputi beberapa unit proses seperti pembuatan jamu, makanan, minuman dan suplemen. Pendukung aktivitas industri meliputi air, steam, udara, udara bertekanan, kelembaban udara dan lain-lain. Dalam aktivitas industrinya, PT. Sido Muncul menghasilkan dua macam limbah yaitu limbah cair dan limbah padat[8]

1.2.1. Kualitas Air

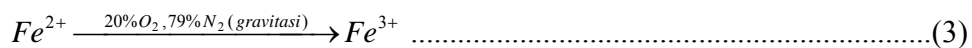
Jumlah kebutuhan air yang diperlukan oleh PT. Sido Muncul dalam aktifitas produksinya mencapai 20 m³/jam, untuk keperluan tersebut maka dibuat satu buah sumur artesis dengan kedalaman sekitar 140 meter dari permukaan tanah, setelah dianalisa ternyata kandungan mineralnya cukup banyak sehingga diperlukan suatu pengolahan air bersih supaya dihasilkan air dengan kualitas yang memenuhi kualitas air produksi. PT Sido Muncul memiliki sistim pengolahan air dengan menggunakan metode pengendapan (sedimentasi) dan, filtrasi menggunakan pasir silika dan absorpsi

menggunakan karbon aktif. Alat yang digunakan dalam sistim pengolahan air antara lain dengan membuat sarana aerasi, bak pengendapan, sand filter dan carbon filter.

Proses penangkapan mineral utama yaitu besi (Fe) akan efektif ditanggulangi pada koagulasi bila besi yang terlarut pada air (ferro, $Fe^{2+} \cdot x H_2O$) diubah menjadi besi yang tercampur dalam air ($Fe^{3+} + H_2O$), sehingga digunakan Blower yang mampu menyuplai oksigen untuk mengubah bentuk Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} [9, 10]. Untuk memperkecil bidang pengendapan maka diperlukan media lain sebagai penangkap dan pembentuk flokulan yaitu tawas atau disebut juga alum. Jenis alum yang digunakan adalah Alumunium sulfat ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$) sehingga laju pengendapan besi dapat lebih cepat dan bidang pengendapan dapat diminimalkan.



Pada proses pengolahan air ini, air yang telah di proses dengan injeksi peroxida pada tahap awal masih memiliki bau amis yang diakibatkan tidak adanya proses oksidasi yang dapat mengubah susunan besi dalam air sehingga untuk menanggulangnya digunakan bak aerasi dan tangki yang berisi carbon dan silica sand sehingga air yang dihasilkan dapat memenuhi standar air produksi[10].



Selanjutnya untuk keperluan air proses di PT. Sido Muncul dilakukan proses aquademineralizer menggunakan resin anion kation dan softening menggunakan resin kation untuk penyediaan air produksi dan umpam boiler dimana pada proses ini dilakukan proses eliminasi terhadap kandungan mineral lebih lanjut sehingga air yang digunakan memenuhi baku mutu air produksi yang disyaratkan[11]. Setelah melewati proses aquademineralizer air yang keluar dari proses ini memiliki konduktivitas 10 ms dengan total hardness maksimal 150 ppm dan pH antara 6.5 -7.8. Untuk tahap kedepan PT. Sido Muncul melakukan pengamatan kualitas air dilakukan setiap hari dengan mengukur konduktivitas air setelah diproses dengan menggunakan conductivitymeter, iron test kit,

total hardness test kit dan pH meter. Kualitas air PT. Sido Muncul yang diambil dari sumur yang berkedalaman 140 meter tertampil pada tabel 1.1.

Tabel 1.1. Hasil analisa kualitas air bawah tanah PT. Sido Muncul [8]

No	Parameter Kimia	Hasil Uji Air	Standar Mutu	Metode
1	pH	7.86	6,5-8,5	pH meter
2	Kesadahan	378.73 ppm	Maks 150 ppm	SNI 01-3554-1994
3	Cl ⁻	18.86 mg/ltr	Maks 250 mg/ltr	SNI 01-3554-1994
4	Nitrat	11.97 .10 ⁻² mg/ltr	Maks 45 mg/ltr	SNI 01-3554-1994
5	Nitrit	5.52.10 ⁻³ mg/ltr	Maks 0,005 mg/ltr	SNI 06-2484-1991
6	Fe	2.70 mg/ltr	Maks 0,2 mg/ltr	SNI 01-3554-1994
7	Mn	0,16 mg/ltr	Maks 0,1 mg/ltr	SNI 01-3554-1994
8	Cu	0,54 ppm	Maks 0,5 mg/ltr	SNI 01-3554-1994
9	Sulfat	74,24 mg/ ltr	200 mg/ltr	SNI 01-3554-1994
	Mikrobiologi			
1	ALT	1,3 . 10 ² ml	Maks 1,0.10 ⁴ ml	SNI 01-2897-1992
2	MPN Coliform	< 1 Apm/100ml	< 2,2 Apm/100 ml	SNI 01-2897-1992
3	E. Coli	Negatif	Negatif/100 ml	SNI 01-2897-1992
4	Salmonella	Negatif	Negatif/100 ml	SNI 01-2897-1992

1.2.2. Limbah dari Aktivitas Industri

Jenis kegiatan pengembangan usaha Industri Obat dan Farmasi PT. Sido Muncul akan menimbulkan dampak terhadap lingkungan, baik dampak positif maupun dampak negatif. Prinsip dalam pengelolaan lingkungan adalah meminimalkan dampak negatif dan memaksimalkan dampak positif yang terjadi. Untuk mengetahui dampak-dampak yang akan terjadi pada suatu kegiatan, maka diperlukan telaahan dari setiap tahap kegiatan[12,13]. Dalam aktivitas produksinya PT. Sido Muncul menghasilkan dua jenis limbah yaitu :

1.2.2.1. Limbah Padat, yang terdiri dari :

1.2.2.1.1. Limbah Padat Organik, disebabkan aktivitas pembuatan jamu instan dan ekstraksi jumlah limbah padat organik ini mencapai 7.000kg/hari. Limbah padat organik ini dimanfaatkan untuk pembuatan pupuk organik yang digunakan untuk pemupukan tanaman di lokasi pabrik dan sebagian dimanfaatkan oleh para petani terutama petani binaan serta petani disekitar lingkungan pabrik.



Gambar 1.3. Limbah padat organik

1.2.2.1.2. *Limbah Padat Anorganik*, disebabkan sarana pendukung produksi seperti plastik dan kertas pembungkus bahan-bahan pendukung produk. Jumlah limbah ini tidak lebih dari 500kg/hari dan sebagian masih dapat dimanfaatkan kembali. Limbah padat anorganik yang tidak dapat dimanfaatkan kembali dimusnahkan dalam mesin incenerator yang berkapasitas pembakaran 1 m³/jam.

1.2.2.2. *Limbah cair*, sekitar 90% dihasilkan dari aktivitas pencucian bahan baku jamu, sedang 10% dari pencucian mesin proses dan air limbah domestik. Dilihat dari karakteristiknya air limbah ini yang sebagian besar terdiri dari bahan-bahan organik maka dengan proses penangan air limbah secara kimia dan fisika air limbah ini dapat ditangani dengan baik, yang diperlukan dalam penangan air limbah ini adalah penentuan jenis koagulan dan flokulan serta dosis optimumnya.



Gambar 1.4. Proses pencucian bahan baku jamu

1.2.3. Air Limbah PT. Sido Muncul

Air limbah merupakan salah satu masalah dalam pengendalian dampak lingkungan industri jamu karena memberikan dampak yang luas terhadap lingkungan hal ini disebabkan oleh karakteristik fisik maupun karakteristik kimianya yang memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Air limbah PT. Sido Muncul dengan jumlah sekitar 130 m³/hari terutama dihasilkan dari proses pencucian bahan baku jamu dan aktivitas pendukung produksi lainnya. Bila dilihat dari karakteristiknya air limbah yang dihasilkan

oleh aktifitas proses produksi jamu yang sebagian besar mengandung bahan-bahan organik jenis air limbah organik ini akan tereduksi dengan baik secara kimia atau biologi dibandingkan secara fisika, proses secara kimia bisa berjalan lebih efektif dan efisien tapi memerlukan biaya operasional yang tinggi[14]. Untuk menjamin terpeliharanya sumber daya air dari pembuangan limbah industri, pemerintah dalam hal ini Menteri Negara KLH telah menetapkan baku mutu air limbah bagi kegiatan yang sudah beroperasi yang dituangkan dalam Keputusan Menteri Negara KLH Nomor: Kep-03/KLH/ II/1991[5] dan peraturan daerah Nomor 10 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air limbah Bagi Kegiatan Industri Jamu dan Farmasi di Propinsi Daerah Tingkat I Jawa Tengah[15]. Agar dapat memenuhi baku mutu, maka air limbah yang dihasilkan dari aktifitas industri PT. Sido Muncul harus diolah dan pengolahan limbah tersebut memerlukan biaya investasi dan biaya operasi yang tidak sedikit sehingga pengolahan air limbah harus dilakukan secara cermat dan terpadu didalam proses produksi dan setelah proses produksi agar pengendalian berlangsung dengan efektif dan efisien. Sebagian besar cara pengolahan air limbah yang telah dilakukan oleh pabrik jamu, makanan dan minuman seperti PT. Sido muncul adalah cara kimia yaitu dengan koagulasi flokulasi menggunakan bahan kimia karena cara ini dinilai lebih cepat dan tidak memerlukan lahan proses yang terlalu besar [16,17]. Bahan kimia yang banyak digunakan adalah ferosulfat, kapur, alum, PAC dan polielektrolit. Pada cara ini, koagulan digunakan untuk menggumpalkan bahan-bahan yang ada dalam air limbah menjadi flok yang mudah untuk dipisahkan yaitu dengan cara diendapkan, diapungkan dan disaring. Pada beberapa pabrik cara ini dilanjutkan dengan melewati air limbah melalui Zeolit (suatu batuan alam) dan arang aktif (karbon aktif). Cara koagulasi umumnya berhasil menurunkan kadar bahan organik (COD,BOD) sebanyak, 40-70 % Zeolit dapat menurunkan nilai COD 10-40%, dan karbon aktif dapat menurunkan nilai COD 10-60 %[9,18]. Belum adanya penetapan standar operasional dan penelitian mengenai proses pengolahan air limbah khususnya pada proses koagulasi dan flokulasi menyebabkan tingginya biaya yang dikeluarkan untuk pengolahan air limbah di PT. Sido Muncul. Hal ini diakibatkan oleh banyaknya biaya yang digunakan untuk pembelian koagulan poly aluminium chloride yang berdosisi 300 mg/l dan flokulan trimer 6784 yang berdosisi 35 mg/l disamping belum adanya penentuan dosis yang optimum.

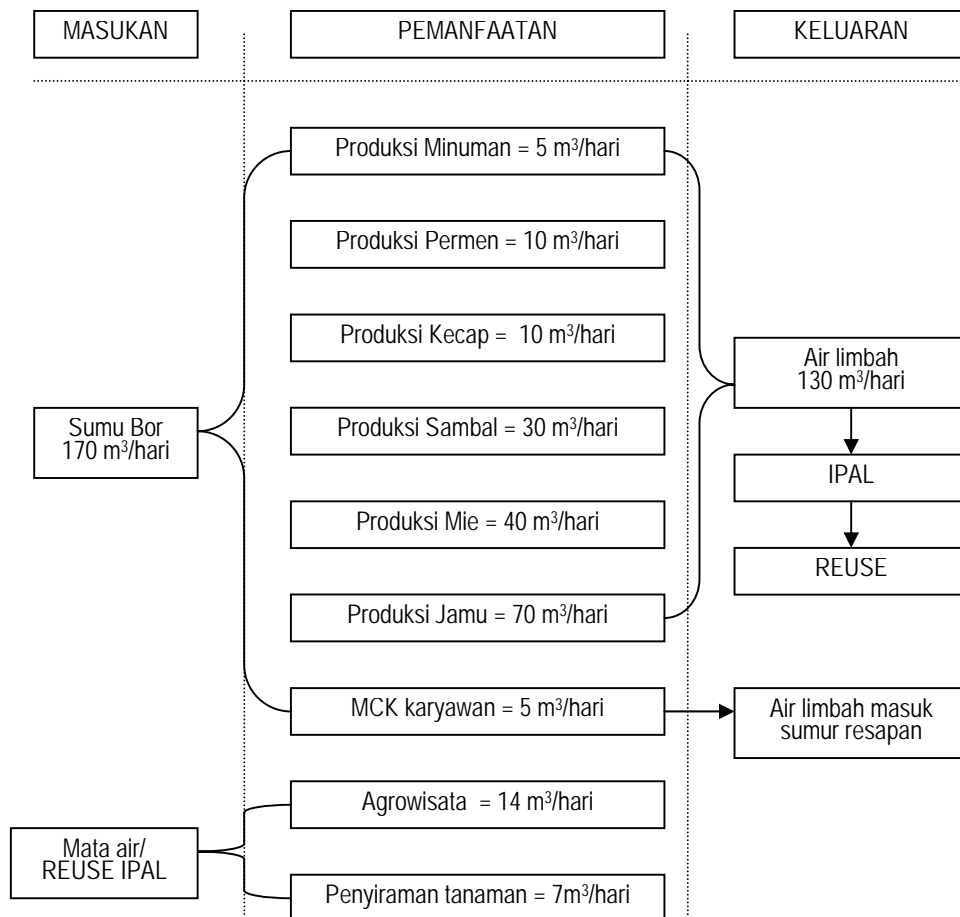
Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian beberapa variabel proses yang dapat memberikan efek positif besar terhadap proses koagulasi flokulasi yang meliputi koagulan, flokulan, pH optimum dan efek pengadukan, variabel-variabel proses tersebut merupakan variabel yang paling dominan dalam proses koagulasi flokulasi. Pada penelitian ini akan digunakan bahan kimia fero sulfat, aluminium sulfat dan poly aluminium sulfat sebagai koagulan, pertimbangan penggunaan bahan kimia ini sebagai koagulan karena sifat bahan kimia ini efektif digunakan sebagai koagulan pada pH 4 sampai 7, ini sesuai dengan karakteristik air limbah PT. Sido Muncul yang pada kondisi awal mempunyai pH berkisar antara 4,2 sampai 5,1 disamping pengkondisian yang akan dilakukan sampai pH 7. Sehingga penggunaan bahan kimia ini diharapkan dapat bekerja optimal sebagai koagulan pada proses koagulasi flokulasi. Penggunaan flokulan atau disebut juga koagulan aid jenis anionik dan kationik dilakukan untuk menguji karakteristik air limbah apakah partikel-partikel koloid air limbah bersifat positif atau negatif, sehingga dalam penelitian ini selain akan diperoleh jenis flokulan yang sesuai juga akan diketahui muatan listrik partikel-partikel koloid air limbah industri jamu seperti di PT. Sido Muncul. Dalam penelitian ini dipilih flokulan anionik polyacrylic acid dan flokulan kationik polyethylene imine karena jenis flokulan tersebut dapat bekerja dengan baik pada pH 4 sampai 9 jadi dapat sesuai dengan proses koagulasi disamping jenis flokulan ini mudah didapat dan harganya tidak terlalu mahal sehingga cukup ekonomis dalam pengoperasian pengolahan air limbah. Penentuan pH dilakukan untuk pengoptimalan kondisi proses koagulasi flokulasi, hal ini dilakukan karena proses koagulasi flokulasi berlangsung secara optimal pada pH tertentu sehingga pengkondisian pH sebagai variabel proses perlu dilakukan. Efek pengadukan pada proses koagulasi flokulasi merupakan variabel yang sangat berpengaruh karena menentukan homogennya suatu campuran antara koagulan flokulan yang digunakan dengan air limbah, sehingga dosis yang digunakan sampai waktu yang digunakan untuk mengendapkan partikel-partikel koloid dapat dioptimalkan. Karena pengadukan merupakan variabel dalam penelitian ini sehingga proses ini bersifat ortokinetik, dimana kinetika partikel yang bergerak dapat memberikan kontribusi positif terhadap proses homogenisasi campuran dan waktu pengendapan. Proses pengadukan ini pun dievaluasi dalam penelitian untuk

perhitungan energi saving sehingga diharapkan proses dapat berlangsung secara optimal dengan konsumsi energi yang tidak tinggi.[7]

1.2.3.1. Sumber Air limbah PT. Sido Muncul

Air limbah industri jamu PT. Sido Muncul mempunyai *hidroulic load* sekitar 130 m³ / hari, *flow time* sekitar 18 jam mulai dari jam 06.00 – 24.00 WIB. Air limbah PT. Sido Muncul pada tahap aktivitas industri berasal dari beberapa unit usaha meliputi pada unit pembuatan jamu tradisional akan menghasilkan air limbah yang berasal dari pencucian bahan baku, pencucian peralatan proses produksi sedang pada industri makanan air limbahnya berupa air cucian remah-remah, air cucian tangki produksi, cooling, filling, dll. Dari beberapa unit usaha tersebut air limbah PT. Sido Muncul 90% berasal dari pencucian bahan baku jamu, hal ini disebabkan jumlah bahan jamu yang perlu dicuci jumlahnya banyak dan proses pencucian dilakukan beberapa tahap sehingga air yang digunakan cukup banyak. Tahap efisiensi penggunaan air sedang dilakukan dengan cara merubah sistem pencucian dan penambahan unit mesin pencucian. Air limbah yang keluar dari tiap-tiap unit proses menuju tempat pengolahan air limbah melalui beberapa screening dengan ukuran diameter lubang screening mulai 10 mm sampai 2 mm, hal ini dilakukan untuk menghindari menyumbatnya pompa pada instalasi pengolahan air limbah karena material yang berukuran besar masuk kedalam bak penampungan awal dan terhisap pompa sehingga menyebabkan penyumbatan.

Adapun aliran dan jumlah air limbah tiap unit produksi dapat dilihat pada gambar 1.5 berikut :

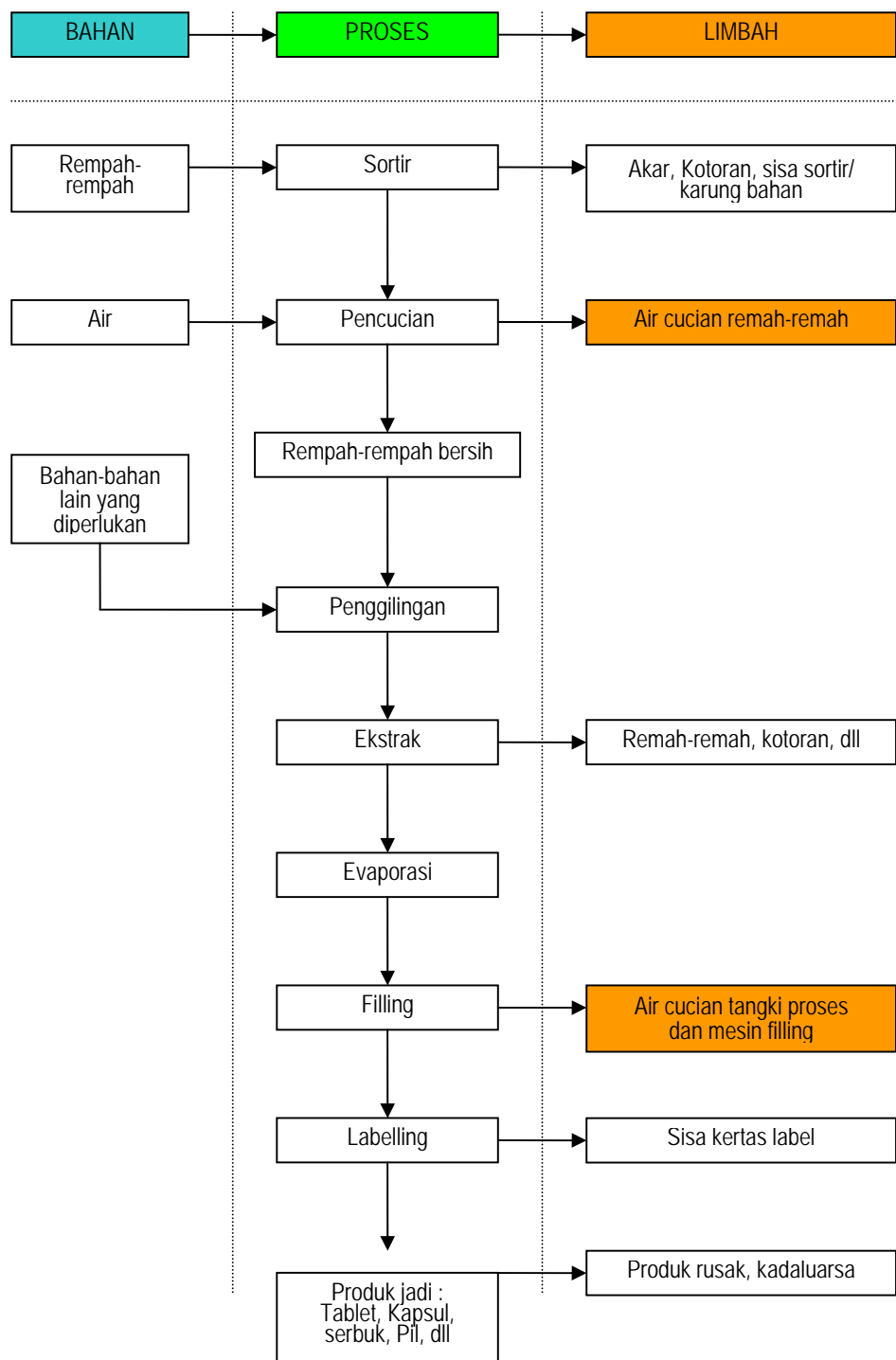


Gambar 1.5. Bagan alir jumlah air limbah yang dihasilkan tiap unit proses produksi PT. Sido Muncul[8].

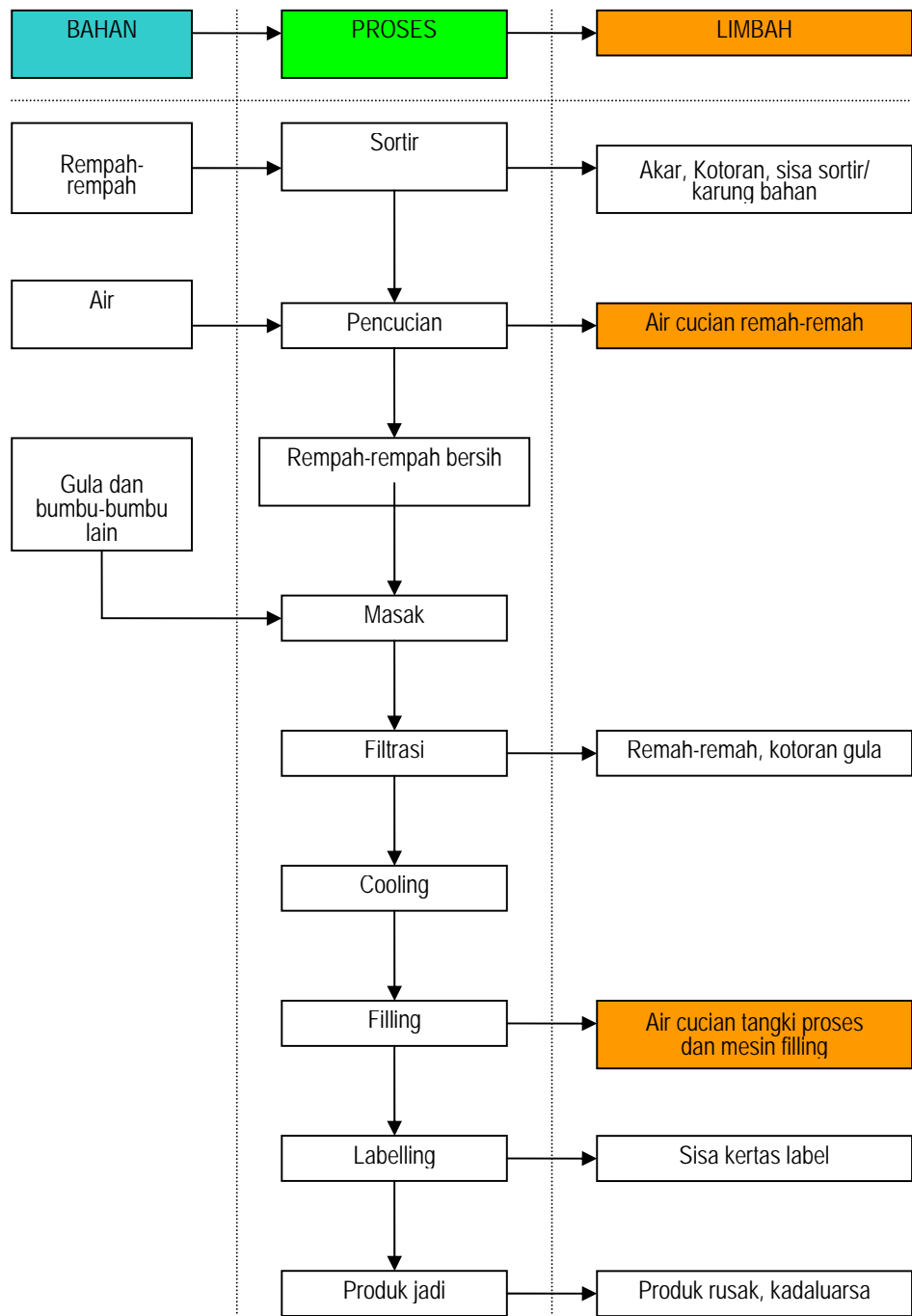
1.2.3.2. Bagan Alir Proses Produksi di PT. Sido Muncul

Dibawah ini disampaikan bagan alir proses produksi di PT. Sido muncul yang menghasilkan air limbah meliputi [8]:

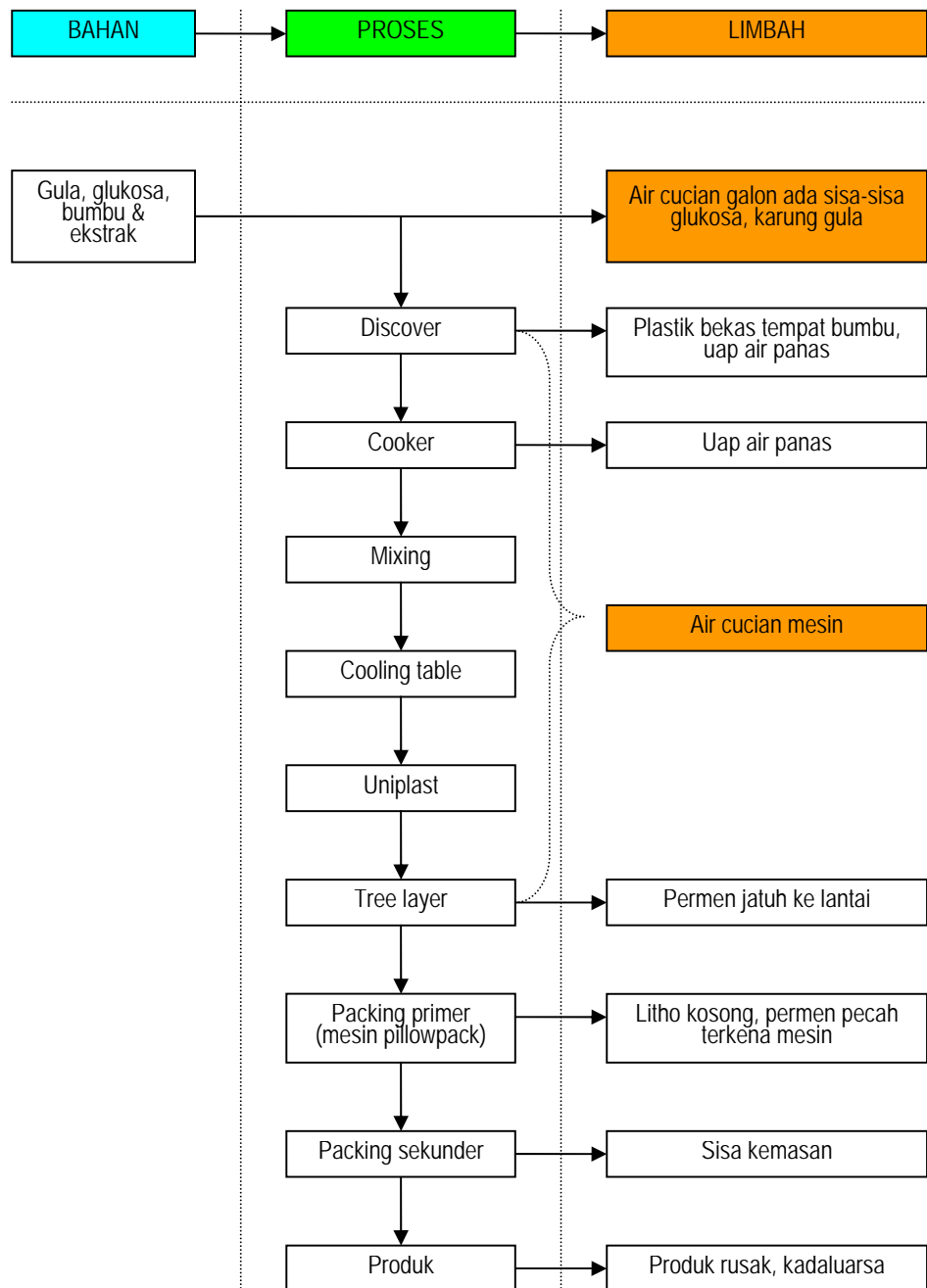
1. Bagan Alir Kegiatan Industri Obat Tradisional dan Farmasi
2. Bagan Alir Pembuatan Kecap
3. Bagan Alir Pembuatan Permen
4. Bagan Alir Pembuatan Mie
5. Bagan Alir Pembuatan Minuman/Jamu Cair
6. Bagan Alir Pembuatan Air Oksigen



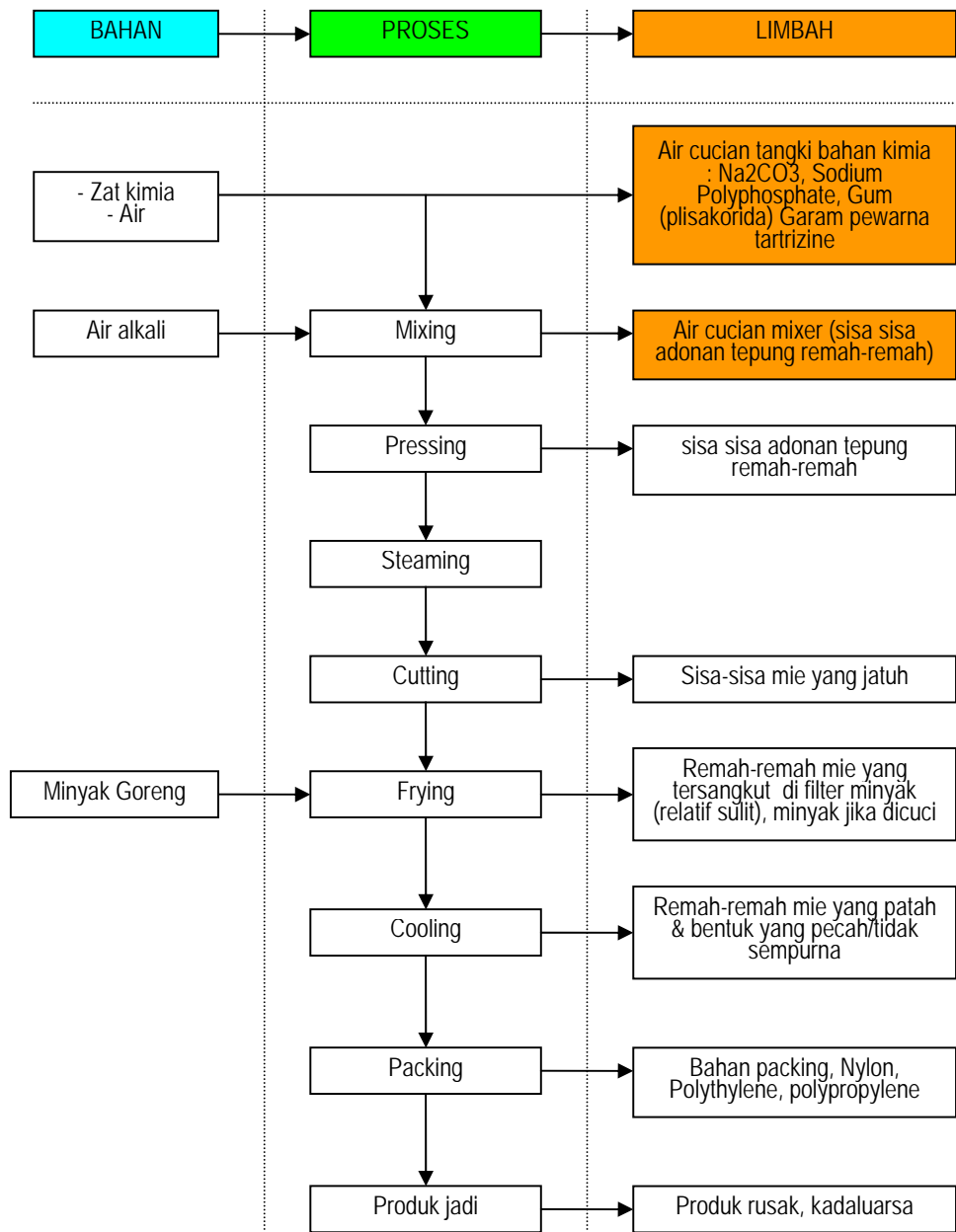
Gambar 1.6. Bagan Alir Kegiatan Industri Obat Tradisional dan Farmasi



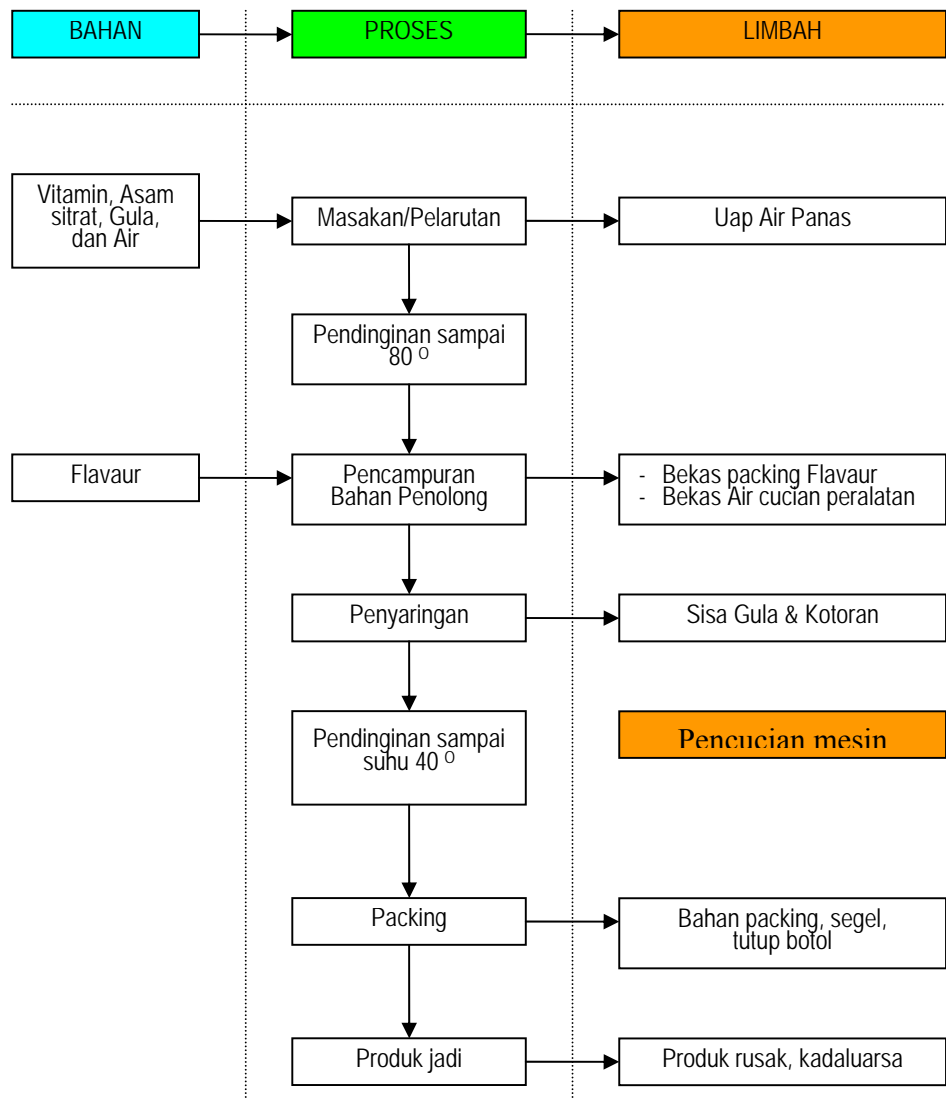
Gambar 1.7. Bagan Alir Pembuatan Kecap



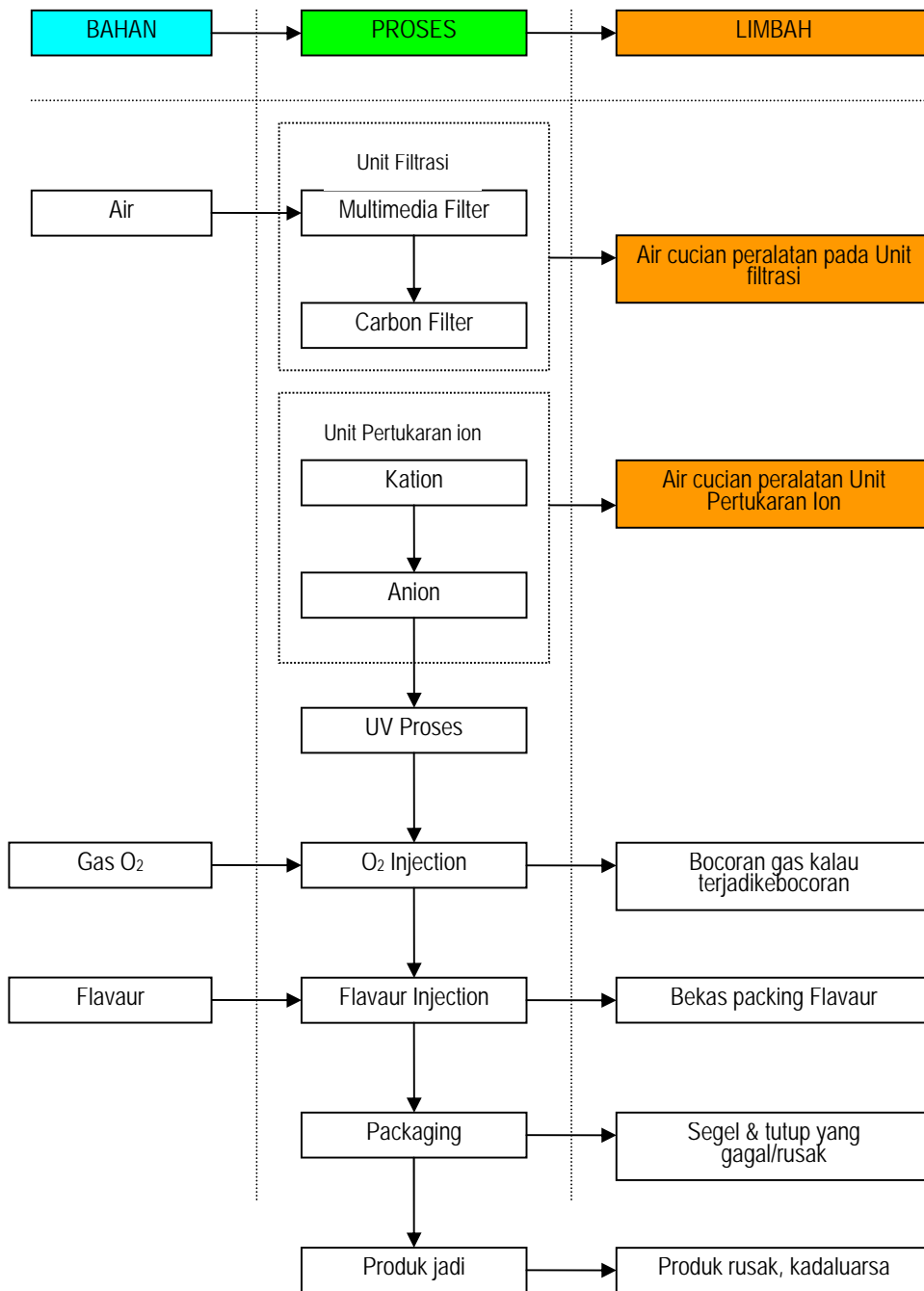
Gambar 1.8. Bagan Alir Pembuatan Permen



Gambar 1.9. Bagan Alir Pembuatan Mie



Gambar 1.10. Bagan Alir Pembuatan Minuman/jamu Cair



Gambar 1.11. Bagan Alir Pembuatan Air Oksigen

1.2.4. Pengolahan air limbah PT. Sido Muncul sebelum penelitian

Air limbah PT. Sido Muncul mempunyai *hidroulic load* sekitar $130 \text{ m}^3 / \text{hari}$, flow time sekitar 18 jam mulai dari jam 06.00 – 24.00 WIB dengan *peak flow* $10 \text{ m}^3/\text{jam}$ sebagian besar merupakan komponen organik dengan kandungan zat padat tersuspensi sekitar 728 mg/l dan bersifat asam dengan pH antara 4.2 sampai 5.1. Sifat asam ini dapat membuat sebagian alat proses mudah korosif sehingga untuk menanganinya dalam penyaluran ke IPAL dan proses dalam IPAL alat proses sebagian besar dibuat dari bahan non logam. Partikel-partikel koloid yang terbentuk dalam air limbah industri jamu PT. Sido Muncul sebagian besar berasal dari pencucian bahan baku jamu, bila dilihat dari sumber partikel-partikel koloid maka dapat diprediksikan bila air limbah PT. Sido Muncul mengandung komponen-komponen anorganik seperti besi, mangan, silika dan lain-lain sehingga partikel-partikel koloid ini kemungkinan bermuatan listrik negatif, tetapi karena tidak adanya alat untuk menentukan muatan listrik pada permukaan partikel koloid air limbah maka pada penelitian ini akan digunakan koagulan aid atau flokulan yang bermuatan positif atau kationik dan bermuatan negatif atau anionik. Pengolahan air limbah yang saat ini dilakukan oleh PT. Sido Muncul adalah dengan menampung hasil limbah dari beberapa unit proses produksi kedalam penampungan berkapasitas sekitar 60 m^3 untuk proses equalisasi, selanjutnya air limbah tersebut dipompa menggunakan pompa submersible dengan kapasitas $7 \text{ m}^3/\text{jam}$. Di sepanjang perpipaan dilakukan injeksi kimia menggunakan Poly Aluminium Chloride dengan dosis 300 mg/l sebagai koagulan, flokulan trimer 6784 dengan dosis 35 mg/l sebagai flokulan dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan dosis 200 mg/l untuk menaikkan PH sampai 7 selanjutnya efluen yang telah diinjeksi kimia yang merupakan proses koagulasi flokulasi ini dialirkan secara laminar kedalam clarifier I untuk mengendapkan flok-flok yang terbentuk pada clarifier ini air limbah mempunyai retention time sekitar 30 menit karena hasilnya belum optimal maka dilanjutkan dengan proses filtrasi menggunakan sand filter I yang berisi pasir silika dengan ukuran $2 \times 3 \text{ mm}$ pada proses ini air limbah langsung lewat sehingga waktu tinggalnya singkat tidak lebih dari 5 menit setelah itu efluen dari sand filter dimasukan ke dalam bak aerasi untuk proses secara biologi. Pada proses biologi ini air limbah diproses kurang lebih 6-8 jam setelah itu dikembalikan lagi ke clarifier II dan sand filter II dengan

retention time yang sama dengan effluent yang keluar setelah injeksi kimia setelah itu baru dibuang. Dalam selang waktu tertentu clarifier di blowdown untuk membuang sludge yang terbentuk pada dasar clarifier, sludge ini dibuang ke dalam dryng bed. Proses pengolahan air limbah ini berlangsung secara kontinyu sedang pada penelitian yang akan datang akan dibuat secara batch menggunakan jarrest. Analisa dilakukan terhadap pada proses injeksi kimia dilakukan pengukuran setelah melewati clarifier terjadi penurunan turbidity 64%, setelah sand filter penurunan turbidity menjadi 81% dan pada efluen akhir terjadi penurunan turbidity sampai 92%. Bila dilihat dari penurunan turbidity maka pada proses injeksi kimia untuk proses koagulasi flokulasi dan proses secara biologi tidak berlangsung secara efektif. Proses penanganan secara kimia lebih mendapat prioritas dibandingkan penanganan secara biologi karena penanganan secara kimia dapat berlangsung cepat dan tidak memerlukan lahan yang luas sehingga dengan peralatan yang ada efisiensi dapat ditingkatkan sedang penanganan secara biologi memerlukan tambahan lahan yang cukup luas untuk proses reduksi komponen-komponen organik dalam air limbah oleh mikroorganisme padahal instalasi pengolahan air limbah PT. Sido Muncul sudah terbatas lahannya sehingga cara ini kurang efektif dan efisien bila diterapkan untuk penanganan air limbah PT. Sido Muncul.

1.2.5. Karakteristik air limbah PT. Sido Muncul sebelum diolah

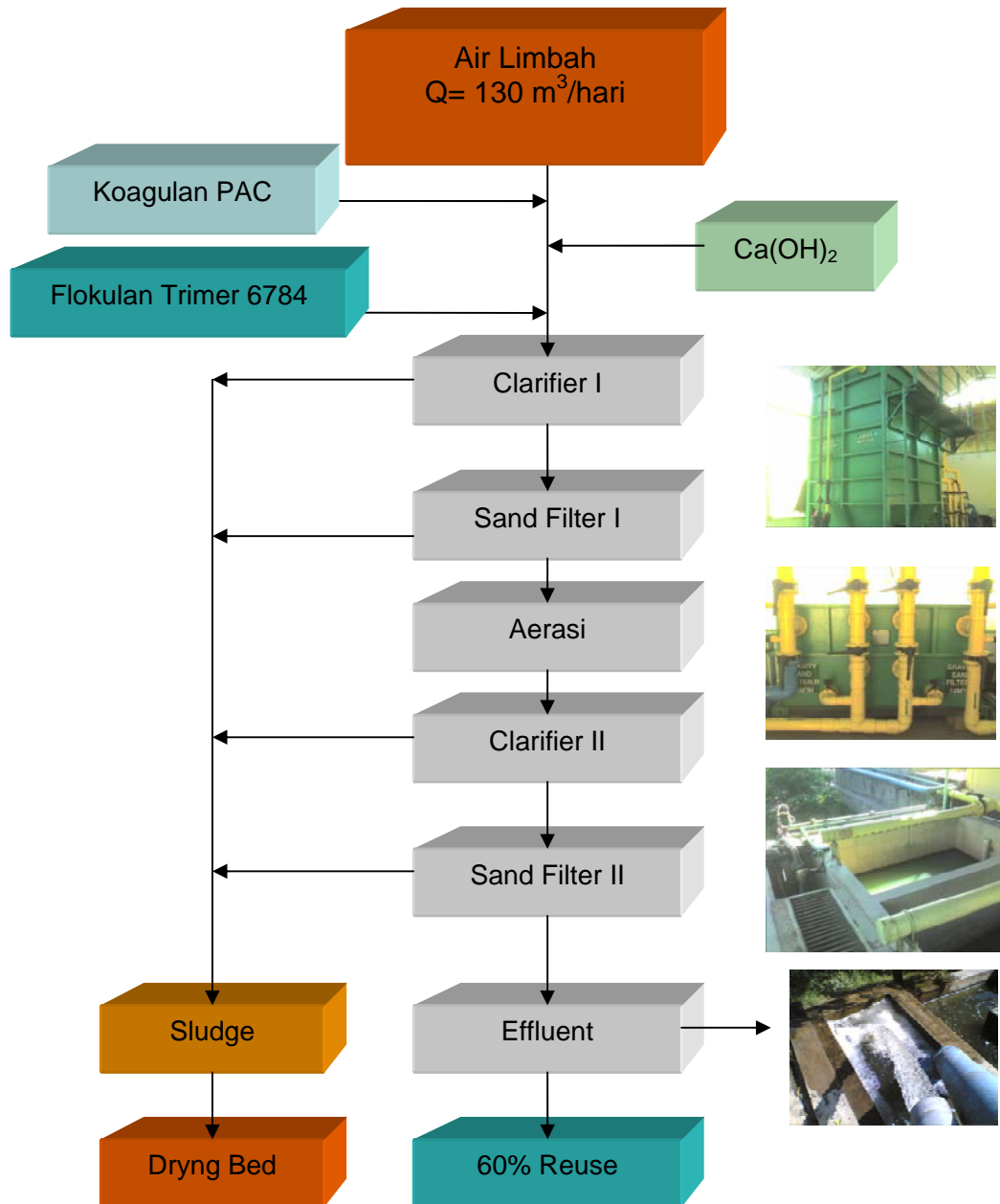
Secara teknis karakteristik air limbah PT. Sido Muncul sebelum melalui proses pengolahan disajikan pada tabel 1.2. berikut :

Tabel 1.2. Hasil analisis contoh air limbah PT. Sido Muncul Sebelum diolah[8]

No	Paramter	Satuan	Air limbah sebelum diolah
I.	Fisika :		
1	Temperatur	°C	27,4
2	Zat padat terlarut	mg/l	2.224
3	Zat padat tersuspensi	mg/l	728
4	Debit	m ³ /hari	130
II.	Kimia Anorganik :		
1	pH	-	4.71
2	BOD	mg/l	802,60
3	COD	mg/l	1.176,00
4	Nitrat NO ₃ sbg N	mg/l	0,213
5	Nitrit NO ₂ sbg N	mg/l	0,146
6	Amonia (NH ₃ N)	mg/l	0,004
7	Arsen (AS)	mg/l	-
8	Kobalt (CO)	mg/l	-
9	Barium (Ba)	mg/l	-
10	Selenium (Se)	mg/l	-
11	Kadmium (Cd)	mg/l	< 0,005
12	Khrom Hexavalen (Cr ⁺⁶)	mg/l	< 0,005
13	Khrom total (Cr)	mg/l	< 0,030
14	Stanum (Sn)	mg/l	-
15	Nikel (Ni)	mg/l	< 0,055
16	Tembaga (Cu)	mg/l	< 0,005
17	Besi terlarut (Fe)	mg/l	1,182
18	Timbal (Pb)	mg/l	< 0,030
19	Mangan terlarut (Mn)	mg/l	1,009
20	Air Raksa (Hg)	mg/l	-
21	Seng (zn)	mg/l	< 0,121
22	Sianida (Cn)	mg/l	< 0,002
23	Fluorida (F)	-	-
24	Khlorin bebas (Cl ₂)	mg/l	-
25	Belerang sbg H ₂ S	mg/l	< 0,04
26	Senyawa Aktif B.M.	mg/l	-
27	Minyak total	mg/l	0,340

1.2.6. Proses pengolahan air limbah PT. Sido Muncul sebelum penelitian

Proses pengolahan air limbah PT. Sido Muncul sebelum penelitian ditampilkan pada gambar 12 dan gambar 13 di bawah ini.



Gambar 1.12. Proses pengolahan air limbah PT. Sido Muncul



Gambar 1.13. Clarifier pada IPAL PT. Sido Muncul

1.2.7. Karakteristik air limbah PT. Sido Muncul setelah diolah

Air limbah yang dihasilkan dari aktifitas produksi di PT. Sido Muncul serangkaian proses pengolahan baik secara kimiawi yaitu proses koagulasi dan flokulasi, fisika melalui proses sedimentasi dalam clarifier dan filtrasi dalam sand filter maupun secara biologi dengan proses aerasi. Air limbah tersebut tidak dibuang tapi dimanfaatkan untuk penyiraman tanaman di lingkungan pabrik , salah satu pemanfaatan lebih lanjut yang setelah penelitian ini dilakukan dan dapat menghasilkan air dengan kualitas yang lebih baik, effluen ini akan digunakan untuk proses pencucian bahan baku jamu, pendingin pada mesin peyulingan minyak atsiri, dll. Hal tersebut dilakukan setelah effluen tersebut memenuhi baku mutu air proses, dalam hal ini nantinya akan ditambah beberapa alat pendukung proses untuk memperoleh air bersih seperti karbon aktif dan desinfektan. Secara teknis karakteristik air limbah PT. Sido Muncul setelah melalui proses pengolahan disajikan pada tabel 1.3. berikut :

Tabel 1.3. Hasil analisis contoh air limbah PT. Sido Muncul setelah diolah sebelum penelitian[8].

No	Paramter	Satuan	Air limbah setelah diolah
I.	Fisika :		
1	Temperatur	°C	29.7
2	Zat padat terlarut	mg/l	1.250
3	Zat padat tersuspensi	mg/l	194
4	Debit	m ³ /hari	130
II.	Kimia Anorganik :		
1	pH	-	7.85
2	BOD	mg/l	47,03
3	COD	mg/l	86,35
4	Nitrat NO ₃ sbg N	mg/l	0,085
5	Nitrit NO ₂ sbg N	mg/l	0,112
6	Amonia (NH ₃ N)	mg/l	0,0038
7	Arsen (AS)	mg/l	-
8	Kobalt (CO)	mg/l	-
9	Barium (Ba)	mg/l	-
10	Selenium (Se)	mg/l	-
11	Kadmium (Cd)	mg/l	< 0,005
12	Khrom Hexavalen (Cr ⁺⁶)	mg/l	< 0,005
13	Khrom total (Cr)	mg/l	< 0,030
14	Stanum (Sn)	mg/l	-
15	Nikel (Ni)	mg/l	< 0,055
16	Tembaga (Cu)	mg/l	< 0,005
17	Besi terlarut (Fe)	mg/l	1,182
18	Timbal (Pb)	mg/l	< 0,030
19	Mangan terlarut (Mn)	mg/l	0,715
20	Air Raksa (Hg)	mg/l	-
21	Seng (zn)	mg/l	< 0,121
22	Sianida (Cn)	mg/l	< 0,002
23	Fluorida (F)	-	-
24	Khlorin bebas (Cl ₂)	mg/l	-
25	Belerang sbg H ₂ S	mg/l	< 0,04
26	Senyawa Aktif B.M.	mg/l	-

1.2.8. Biaya untuk pengoperasian IPAL PT. Sido Muncul

Biaya yang dikeluarkan PT. Sido Muncul untuk pengolahan air limbahnya dengan *hidroulic load* sekitar $130 \text{ m}^3 / \text{hari}$, flow time sekitar 18 jam mulai dari jam 06.00 – 24.00 WIB dihitung pada tabel 1.4 dan tabel 1.5 sebagai berikut :

Tabel 1.4. Harga bahan kimia yang digunakan untuk injeksi kimia proses pengolahan air limbah sebelum penelitian

No	Bahan	Satuan	Bentuk	Harga / satuan (Rp)	Dosis rata-rata (ppm)
1.	Poly Alumunium Chloride	kg	Serbuk	10.000	300
2.	Trimer 6784	kg	Serbuk	67.500	35
3.	Ca(OH) ₂	kg	Serbuk	4.000	200

Tabel 1.5. Biaya operasional pengolahan air limbah sebelum penelitian

No	Kebutuhan bahan (kg/hari)	Biaya / hari (Rp. ,00)	Biaya / bulan / 21 hari kerja (Rp. ,00)
1.	39,000	390.000	8.190.000
2.	4,550	307.125	6.449.625
3.	26,00	104.000	2.184.000
	Total Biaya	801.125	16.823.625

Dari tabel 4 dan tabel 5 maka dapat dilihat bahwa biaya operasional untuk pengolahan air limbah PT. Sido Muncul sekitar Rp. 801.125,00/hari atau Rp. 16.823.625,00/bulan atau bila dihitung dengan per m^3 air limbah yang diolah maka biaya yang diperlukan sekitar Rp. 129.412,5 / m^3 . Biaya tersebut belum termasuk gaji 2 orang operator yang bergaji Rp. 1.000.000,00/orang. Biaya ini dirasa terlalu mahal untuk pengolahan air limbah organik yang dihasilkan dari aktivitas produksi PT. Sido Muncul. Untuk hal tersebut perlu dilakukan suatu pengkondisian proses pada IPAL khususnya yang berkaitan dengan penelitian ini yaitu proses koagulasi flokulasi.

1.2.9. Baku mutu air limbah yang diperbolehkan dibuang Ke Lingkungan

Dari peraturan daerah nomor 10 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air limbah Bagi Kegiatan Industri Jamu dan Farmasi di Propinsi Daerah Tingkat I Jawa Tengah, diperoleh data yang tertampil pada tabel 1.6 sebagai berikut :

Tabel 1.6. Baku mutu air limbah untuk industri jamu dan farmasi
Daerah Tingkat I Jawa Tengah [8]

No	Paramter	Satuan	Baku mutu*)
I.	Fisika :		
1	Temperatur	°C	38
2	Zat padat terlarut	mg/l	2.000
3	Zat padat tersuspensi	mg/l	400
4	Debit (m ³ /hari)		-
II.	Kimia Anorganik :		
1	pH	-	6 – 9
2	BOD	mg/l	100
3	COD	mg/l	300
4	Nitrat NO ₃ sbg N	mg/l	30
5	Nitrit NO ₂ sbg N	mg/l	1
6	Amonia (NH ₃ N)	mg/l	1
7	Arsen (AS)	mg/l	0,1
8	Kobalt (CO)	mg/l	0,4
9	Barium (Ba)	mg/l	2
10	Selenium (Se)	mg/l	0,05
11	Kadmium (Cd)	mg/l	0,05
12	Khrom Hexavalen (Cr ⁺⁶)	mg/l	0,1
13	Khrom total (Cr)	mg/l	0,5
14	Stanum (Sn)	mg/l	2
15	Nikel (Ni)	mg/l	0,2
16	Tembaga (Cu)	mg/l	2
17	Besi terlarut (Fe)	mg/l	5
18	Timbal (Pb)	mg/l	0,1
19	Mangan terlarut (Mn)	mg/l	2
20	Air Raksa (Hg)	mg/l	0,002
21	Seng (zn)	mg/l	5
22	Sianida (Cn)	mg/l	0,05
23	Fluorida (F)	-	2
24	Khlorin bebas (Cl ₂)	mg/l	1

1.2.10. Optimasi proses koagulasi flokulasi air limbah PT. Sido Muncul

Tidak dicapainya suatu hasil yang optimal pada proses koagulasi flokulasi dimana pada proses koagulasi dan flokulasi yang berlangsung saat ini masih 64%, proses ini dirasa belum optimal karena idealnya proses koagulasi flokulasi mempunyai kemampuan untuk mereduksi komponen diatas 70%. Banyaknya jumlah koagulan flokulan yang digunakan dalam pengolahan air limbah ini membuat biaya operasional pada IPAL cukup tinggi yaitu sekitar 16.823.625,00/bulan. Kondisi belum sesuainya jenis koagulan dan flokulan membuat penggunaan bahan kimia dalam pengolahan air limbah diperlukan jumlah banyak sehingga biaya operasional akan terus meningkat, kondisi tersebut membuat penelitian ini penting untuk dilakukan, hasil yang diperoleh pada penelitian ini sangat membantu dalam meningkatkan efisiensi perusahaan. Pemanfaatan lebih lanjut dari hasil penelitian ini adalah memanfaatkan air proses pengolahan sebagai air umpan produksi sehingga tidak ada air limbah yang dibuang. Tidak adanya komposisi yang baku antara flokulan dan koagulan mengakibatkan tidak seimbangny hasil pengolahan dengan reagen yang digunakan, sehingga dengan penelitian ini diharapkan dapat ditentukan jenis koagulan dan flokulan yang sesuai dengan air limbah yang diproses dan dosis optimum untuk koagulan flokulan yang dipergunakan. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan jenis koagulan dan jenis flokulan yang paling sesuai untuk air limbah industri jamu dalam hal ini air limbah PT. Sido Muncul setelah didapat jenis koagulan dan flokulan yang sesuai dilakukan suatu penentuan dosis yang optimum. Dengan diperolehnya dosis koagulan dan flokulan pada kondisi optimum, dapat dibentuk suatu model matematika yang menghubungkan antara laju pemakaian koagulan dengan flokulan sehingga dapat diaplikasikan secara langsung. Dalam penelitian ini Koagulan yang digunakan adalah alumunium sulfat, fero sulfat dan poly alumunium chloride. Flokulan yang digunakan adalah flokulan anionik *Polyacrylic Acid* dan flokulan kationik *Polyethylene-Imine*.

Bila ditinjau dari dosis koagulan yang digunakan maksimal 200 mg/l dan flokulan 5 mg/l serta NaOH sekitar 75 ppm dapat dilihat bahwa dosis penggunaan koagulan dan flokulan dalam penelitian ini masih dibawah dosis pemakaian koagulan Poly Alumunium Chloride 300 mg/l, flokulan trimer 6784 dengan dosis 35 mg/l dan Ca(OH)_2 dengan

dosis 200 mg/l, sehingga secara ekonomis bila penelitian ini berhasil menentukan jenis koagulan dan flokulan yang sesuai serta dosis optimumnya maka minimal dapat menekan biaya operasional penggunaan bahan kimia lebih dari 50%. Ditinjau dari aspek lingkungan bila jenis koagulan dan flokulan serta dosis optimumnya tercapai maka kualitas air limbah setelah diolah akan lebih baik kualitasnya sehingga dapat meminimalisasi dampak negatif terhadap lingkungan, lebih lanjut effluen ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan air bersih penunjang proses produksi sehingga pemanfaatan air bawah tanah dapat dikurangi.

1.3. Tujuan penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan :

1. Untuk mendapatkan jenis koagulan dan flokulan yang lebih efektif dan efisien untuk air limbah yang dihasilkan oleh industri jamu.
2. Untuk penentuan kondisi optimum proses terhadap kombinasi koagulan flokulan yang terbaik dalam mereduksi komponen-komponen koloid dan partikel tersuspensi pada efluen.
3. Untuk membuat suatu model matematika yang menghubungkan antara dosis koagulan dan flokulan dengan karakteristik air limbah yang akan diproses.
4. Untuk menurunkan biaya operasional pengolahan air limbah.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Dari penelitian ini diharapkan bisa diketahui jenis koagulan , flokulan dan dosis yang dibutuhkan sesuai dengan karakteristik air limbah industri jamu.
2. Dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi penggunaan koagulan dan flokulan dalam penanganan air limbah industri jamu.
3. Dari penelitian ini diharapkan diperoleh suatu model matematika yang menghubungkan antara konsentrasi flokulan dan koagulan yang digunakan dengan karakteristik air limbah sehingga memudahkan dalam melakukan operasional dan mengoptimalkan dalam proses pengolahan air limbah.
4. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menurunkan biaya operasional pengolahan air limbah industri jamu.
5. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai pengikat dan panduan dalam pengelolaan air limbah industri jamu, untuk PT. Sido Muncul Khususnya dan industri jamu pada umumnya sehingga dapat melaksanakan pengelolaan lingkungan secara terarah, efektif dan efisien.
6. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan keilmuan dibidang pengolahan air secara kimiawi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air Limbah

2.1.1. Pengertian Air Limbah

Air limbah adalah air yang tidak bersih dan mengandung berbagai zat yang dapat membahayakan kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya dan lazimnya muncul karena hasil aktivitas manusia .[19,20]

2.1.2. Sifat dan Karakteristik Air Limbah

Untuk mengetahui lebih luas tentang air limbah maka perlu diketahui kandungan apa saja yang terdapat didalam air limbah, dan bagaimana sifat-sifatnya Pada intinya air limbah dapat dikelompokan menjadi 3 bagian yaitu sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologis[15, 16, 17]

2.1.2.1. Sifat Fisik.

Penentuan tercemar atau tidaknya air limbah sangat dipengaruhi oleh sifat fisik yang mudah dilihat. Adapun sifat fisik yang penting adalah kandungan zat padat yang berefek estetika, kejernihan, warna, bau dan temperatur. Zat organik yang ada pada air limbah sebagian besar mudah terurai (degradable) yang merupakan sumber makanan dan media yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme. Salah satu faktor yang mempengaruhi sifat fisik tersebut adalah turbiditas atau kekeruhan.

Turbiditas

Turbiditas atau kekeruhan di dalam air disebabkan oleh adanya zat yang tersuspensi seperti lumpur, plangton, zat organik dan zat halus lainnya. Turbiditas tidak memiliki hubungan langsung dengan zat padat tersuspensi, karena turbiditas tergantung dari ukuran dan bentuk butir partikel, sedangkan zat padat tersuspensi tergantung dengan zat yang tersuspensi tersebut.

Ada beberapa metoda pengukuran turbiditas yaitu :

- Nefelometri
- *Hellige turbiditymetri* (kekeruhan silika)
- Metode visual/*candle turbiditymetri* (kekeruhan jackson)
- Metode spektrofotometri

Metode yang sering dipakai adalah metode nefelometri dengan satuan *NTU* (*Nefelometric Turbidity Units*).

Prinsip analisa dengan metode nefelometri ini adalah pengukuran terhadap intensitas cahaya yang dihamburkan oleh partikel-partikel yang ada di dalam air. Semakin tinggi intensitas cahaya yang dihamburkan semakin tinggi pula *turbidity* atau kekeruhannya. Pengukuran dilakukan dengan membandingkan intensitas cahaya yang dihamburkan oleh sampel dengan intensitas cahaya yang dihamburkan oleh larutan standar dalam keadaan yang sama.

Sebagai larutan standar untuk penentuan kekeruhan digunakan larutan suspensi polimer formazin. Maka satuannya juga sering disebut FTU (*Formazin Turbidity Units*).

Untuk standar kekeruhan pada alat turbiditas di lapangan sebaiknya menggunakan standar turbiditas yang berbentuk padat, yaitu kaca buram yang sudah distandarisasikan dengan larutan standar turbiditas.

Gangguan yang dapat terjadi dalam pengukuran turbiditas antara lain:

- Warna sampel dapat memengaruhi nilai kekeruhan, karena adanya penyerapan cahaya sehingga nilai turbiditasnya akan turun.
- Alat gelas yang buram atau retak mempengaruhi hasil pengukuran.
- Faktor lain yang harus diperhatikan adalah tingkat representatif sampel, terutama pada sampel yang banyak mengandung zat padat tersuspensi.

2.1.2.2. Sifat Kimia

Sifat kimia dari air limbah dapat diketahui dengan adanya zat kimia dalam air buangan. Adapun zat kimia yang terpenting dalam air limbah pada umumnya dapat diklarifikasikan sebagai berikut :

1. Bahan organik

Air limbah dengan tingkat pencemar sedang mengandung sekitar 60% zat-zat terlarut sekitar 40% zat padat tersuspensi. Bahan organik dalam limbah mengandung sekitar 40%-60% protein; 25% - 50% karbohidrat serta 10% lainnya berupa lemak.

2. Bahan anorganik

Zat organik yang penting perannya didalam pengontrolan air limbah adalah :

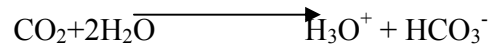
- pH
- Kadar khlor
- Alkalinitas
- Kadar sulfur
- Zat beracun seperti : CN (cianida), Cr (chrom)
- Logam berat (Na, Mg, Cr, Cd, Zn, Cu, Fe, dan Hg)
- Fasfor
- Gas-gas seperti NH₃, CH₄ O₂ dan lain- lain.
- Methane
- Nitrogen

3. pH

pH menunjukkan derajat asam-basa suatu cairan, melalui konsentrasi (aktifitas) ion Hidrogen. Peranan ion hidrogen dalam air dapat mempengaruhi aktifitas manusia, binatang, mikroorganisme serta proses-proses lainnya. Ion hidrogen sangat berperan dalam air, namun tidak begitu berperan dalam pelarut organik seperti alkohol dan lain-lain. Oleh karena itu, derajat asam basa hanya dapat diukur di dalam pelarut air.

Asam dianggap sebagai suatu molekul yang memisahkan diri menjadi ion H⁺ dan sisa asam, misalnya $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$.

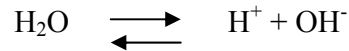
Belakangan ini timbul anggapan baru tentang asam, sehubungan dengan adanya senyawa yang bila bereaksi dengan air akan menghasilkan ion hidrogen (H⁺) yaitu: CO₂ dan Al₂(SO₄)₃.



pH dalam bentuk logaritma memiliki definisi sebagai berikut

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Air murni memiliki kesetimbangan yang dinamis, antara H_2O , H^+ dan OH^-



$$K_w = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

$$[\text{H}_2\text{O}]$$

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

$$K_w = 10^{-4}$$

Karena air memiliki konsentrasi ion H^+ dan OH^- yang sama maka H_2O memiliki $\text{pH} = 7$.

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

$$10^{-4} = 10^{-7} \cdot 10^{-7}$$

Ada dua metode pengukuran pH

- Metode kolorimetri dan
- Metode potensiometri

Metode kolorimetri adalah suatu cara pengukuran pH yang menggunakan indikator warna sebagai alat ukur. Indikator dapat berupa kertas atau serbuk-serbuk indikator. Metode ini sering dipakai dalam titrasi asam basa, atau alat pengukuran dengan lakmus, kertas pH indikator dan sebagainya.

Metode potensiometri adalah metode pengukuran pH yang didasarkan atas perbedaan tegangan pada kedua ujung potensial. Yang dimaksud dengan ujung potensial disini adalah elektroda (elektroda kerja dan elektroda pembanding).

Secara umum beda potensial (mV) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{RT}{F} \cdot \ln \frac{a' \text{H}^+}{a \text{H}^+} = \Delta E (\text{milivolt})$$

R= Konstanta gas

T= temperatur (kelvin)

F= Konstanta faraday (96.493 colomb/val)

$a' \text{H}^+$ =aktivitas ion hidrogen dalam larutan elektroda pembanding

$a \text{H}^+$ = aktivitas ion hidrogen dalam air.

Dari persamaan di atas, secara langsung didapat besar beda potensial untuk tiap unit pH adalah : 1 Unit pH = 58-59 mV

2.1.2.3. Sifat Bakteriologis

Sifat bakteriologis pada air buangan perlu diketahui untuk menaksir tingkat kekotoran air limbah sebelum di buang ke badan air. Mikroorganisme yang penting dalam air limbah dan air permukaan dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu:

1. Protista, meliputi jamur, bakteri dan algae
2. Binatang dan tanaman

2.2. Penanganan Air limbah

Teknologi pengolahan air limbah adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Apapun macam teknologi pengolahan air limbah domestik maupun industri yang dibangun harus dapat dioperasikan dan dipelihara terutama oleh industri terkait yang menghasilkan air limbah. Berbagai teknik pengolahan air buangan untuk menyisahkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini.

Teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum terbagi menjadi 3 metode pengolahan[7, 11, 15] :

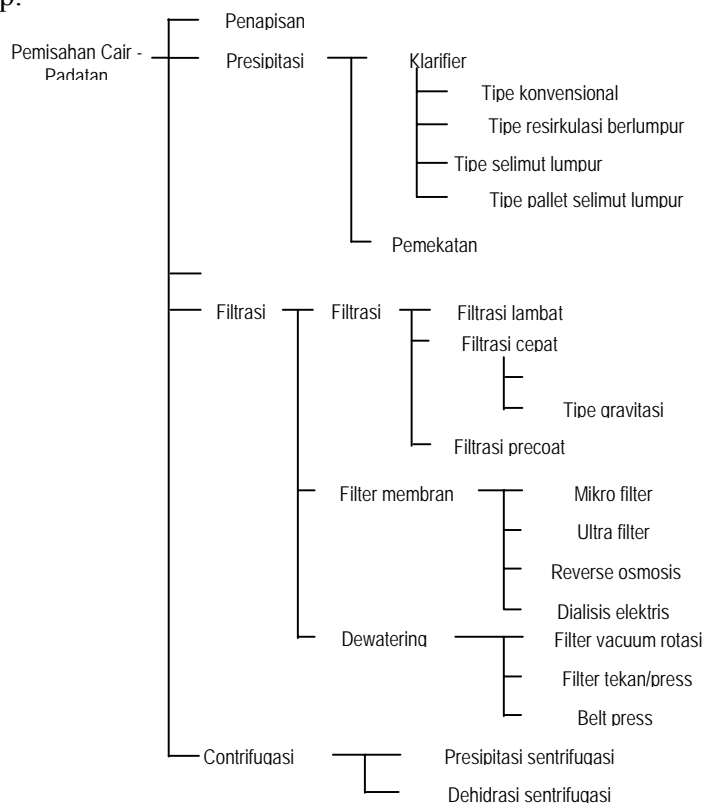
1. *pengolahan secara fisika*
2. *pengolahan secara kimia*
3. *pengolahan secara biologi*

Untuk suatu jenis air buangan tertentu, ketiga metode pengolahan tersebut dapat diaplikasikan secara sendiri-sendiri atau secara kombinasi.

2.2.1. Pengolahan Secara Fisika

Pada umumnya, sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air limbah, diharapkan agar bahan-bahan tersuspensi dalam air limbah yang berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisahkan terlebih dahulu. Tahap penyaringan (*screening*) merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisahkan bahan tersuspensi yang berukuran besar biasanya dengan menggunakan sand filter dengan ukuran silica yang disesuaikan dengan bahan-bahan tersuspensi yang akan disaring. Bahan tersuspensi yang mudah mengendap dapat disisahkan secara mudah

dengan proses pengendapan, pada proses ini bisa dilakukan tanpa tambahan bahan kimia bila ukurannya sudah besar dan mudah mengendap tapi dalam kondisi tertentu dimana bahan-bahan teruspensi sulit diendapkan maka akan digunakan bahan kimia sebagai bahan pembantu dalam proses sedimentasi, pada proses ini akan terjadi pembentukan flok-flok dalam ukuran tertentu yang lebih besar sehingga mudah diendapkan pada proses yang menggunakan bahan kimia ini masih diperlukan pengkondisian pH untuk mendapatkan hasil yang optimal. Parameter desain yang utama untuk proses pengendapan ini adalah kecepatan mengendap partikel dan waktu detensi hidrolis di dalam bak pengendap.



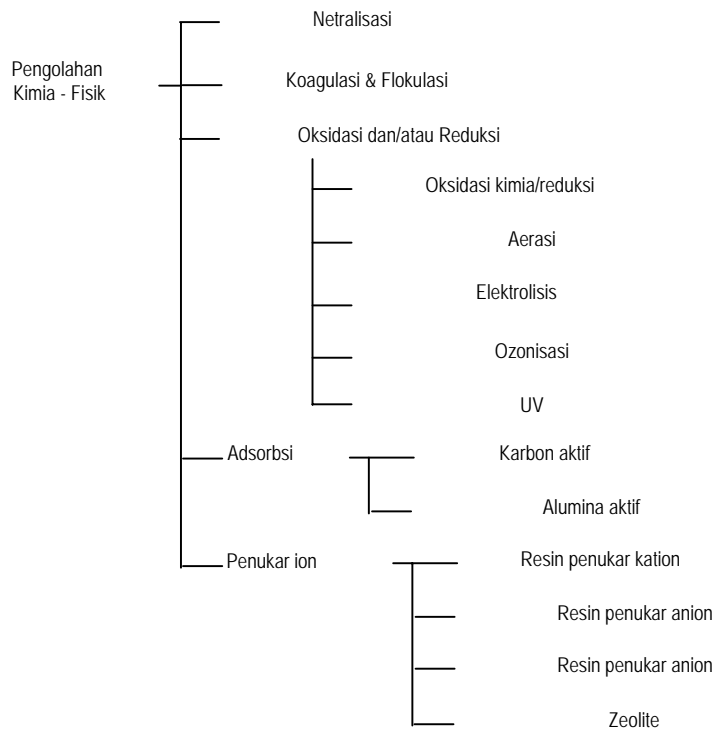
Gambar 2.1. Skema Diagram Pengolahan Fisik

Proses flotasi banyak digunakan untuk menyisahkan bahan-bahan yang mengapung seperti minyak dan lemak agar tidak mengganggu proses pengolahan berikutnya. Flotasi juga dapat digunakan sebagai cara penyisihan bahan-bahan tersuspensi (*clarification*) atau pemekatan lumpur endapan (*sludge thickening*) dengan memberikan aliran udara ke atas (*air flotation*). Proses filtrasi di dalam pengolahan air

buangan, biasanya dilakukan untuk mendahului proses adsorpsi atau proses *reverse osmosis*-nya, akan dilaksanakan untuk menyisihkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi dari dalam air agar tidak mengganggu proses adsorpsi atau menyumbat membran yang dipergunakan dalam proses osmosa. Proses adsorpsi, biasanya dengan karbon aktif, dilakukan untuk menyisihkan senyawa aromatik (misalnya: fenol) dan senyawa organik terlarut lainnya, terutama jika diinginkan untuk menggunakan kembali air buangan tersebut. Teknologi membran (*reverse osmosis*) biasanya diaplikasikan untuk unit-unit pengolahan kecil, terutama jika pengolahan ditujukan untuk menggunakan kembali air yang diolah. Biaya instalasi dan operasinya sangat mahal.

2.2.2. Pengolahan Secara Kimia

Pengolahan air buangan secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam-logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun; dengan membubuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan. Penyisihan bahan-bahan tersebut pada prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat bahan-bahan tersebut, yaitu dari tak dapat diendapkan menjadi mudah diendapkan (flokulasi-koagulasi), baik dengan atau tanpa reaksi oksidasi-reduksi, dan juga berlangsung sebagai hasil reaksi oksidasi.



Gambar 2.2. Skema Diagram pengolahan Kimiawi

Pengendapan bahan tersuspensi yang tak mudah larut dilakukan dengan membubuhkan elektrolit yang mempunyai muatan yang berlawanan dengan muatan koloidnya agar terjadi netralisasi muatan koloid tersebut, sehingga akhirnya dapat diendapkan. Penyisihan logam berat dan senyawa fosfor dilakukan dengan membubuhkan larutan alkali (air kapur misalnya) sehingga terbentuk endapan hidroksida logam-logam tersebut atau endapan hidroksiapatit. Endapan logam tersebut akan lebih stabil jika pH air > 10,5 dan untuk hidroksiapatit pada pH > 9,5. Khusus untuk krom heksavalen, sebelum diendapkan sebagai krom hidroksida $[Cr(OH)_3]$, terlebih dahulu direduksi menjadi krom trivalent dengan membubuhkan reduktor ($FeSO_4$, SO_2 , atau $Na_2S_2O_5$). Penyisihan bahan-bahan organik beracun seperti fenol dan sianida pada konsentrasi rendah dapat dilakukan dengan mengoksidasinya dengan klor (Cl_2), kalsium permanganat, aerasi, ozon hidrogen peroksida. Pada dasarnya kita dapat memperoleh efisiensi tinggi dengan pengolahan secara kimia, akan tetapi biaya pengolahan menjadi mahal karena memerlukan bahan kimia.

2.2.3. Pengolahan secara biologi

Semua air buangan yang *biodegradable* dapat diolah secara biologi. Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Dalam beberapa dasawarsa telah berkembang berbagai metode pengolahan biologi dengan segala modifikasinya.

Pada dasarnya, reaktor pengolahan secara biologi dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu:

1. Reaktor pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth reaktor*);
2. Reaktor pertumbuhan lekat (*attached growth reaktor*).

Di dalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi. Proses lumpur aktif yang banyak dikenal berlangsung dalam reaktor jenis ini. Proses lumpur aktif terus berkembang dengan berbagai modifikasinya, antara lain: *oxidation ditch* dan kontak-stabilisasi. Dibandingkan dengan proses lumpur aktif konvensional, *oxidation ditch* mempunyai beberapa kelebihan, yaitu efisiensi penurunan BOD dapat mencapai 85%-90% (dibandingkan 80%-85%) dan lumpur yang dihasilkan lebih sedikit. Selain efisiensi yang lebih tinggi (90%-95%), kontak stabilisasi mempunyai kelebihan yang lain, yaitu waktu detensi hidrolis total lebih pendek (4-6 jam). Proses kontak-stabilisasi dapat pula menyisihkan BOD tersuspensi melalui proses absorpsi di dalam tangki kontak sehingga tidak diperlukan penyisihan BOD tersuspensi dengan pengolahan pendahuluan.

Kolam oksidasi dan *lagoon*, baik yang diaerasi maupun yang tidak, juga termasuk dalam jenis reaktor pertumbuhan tersuspensi. Untuk iklim tropis seperti Indonesia, waktu detensi hidrolis selama 12-18 hari di dalam kolam oksidasi maupun dalam *lagoon* yang tidak diaerasi, cukup untuk mencapai kualitas efluen yang dapat memenuhi standar yang ditetapkan. Di dalam *lagoon* yang diaerasi cukup dengan waktu detensi 3-5 hari saja. Di dalam reaktor pertumbuhan lekat, mikroorganisme tumbuh di atas media pendukung dengan membentuk lapisan film untuk melekatkan dirinya.

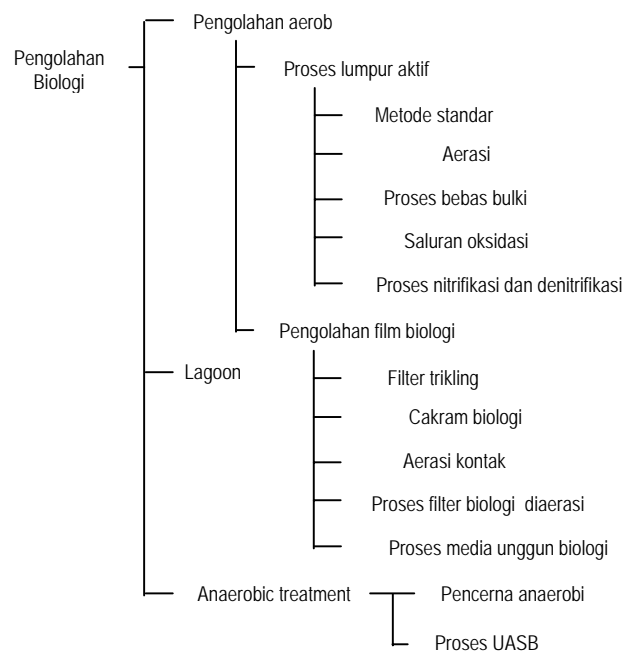
Berbagai modifikasi telah banyak dikembangkan selama ini, antara lain:

1. *trickling filter*
2. *cakram biologi*
3. *filter terendam*
4. *reaktor fludisasi*

Seluruh modifikasi ini dapat menghasilkan efisiensi penurunan BOD sekitar 80%-90%. Ditinjau dari segi lingkungan dimana berlangsung proses penguraian secara biologi, proses ini dapat dibedakan menjadi dua jenis:

1. Proses aerob, yang berlangsung dengan hadirnya oksigen;
2. Proses anaerob, yang berlangsung tanpa adanya oksigen.

Apabila BOD air buangan tidak melebihi 400 mg/l, proses aerob masih dapat dianggap lebih ekonomis dari anaerob. Pada BOD lebih tinggi dari 4000 mg/l, proses anaerob menjadi lebih ekonomis.



Gambar 2.3. Skema Diagram pengolahan Biologi

Dalam prakteknya saat ini, teknologi pengolahan air limbah mungkin tidak lagi sesederhana seperti dalam uraian di atas. Namun pada prinsipnya, semua limbah yang

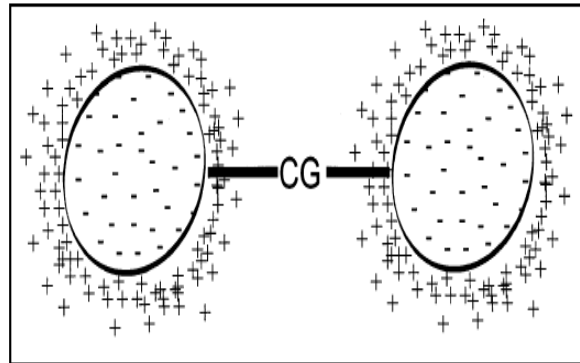
dihasilkan harus melalui beberapa langkah pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan atau kembali dimanfaatkan dalam proses produksi, dimana uraian di atas dapat dijadikan sebagai acuan.

2.3. Koagulasi Flokulasi

Koagulasi flokulasi adalah salah satu proses kimia yang digunakan untuk menghilangkan bahan cemaran yang tersuspensi atau dalam bentuk koloid. dimana partikel-partikel koloid ini tidak dapat mengendap sendiri dan sulit ditangani oleh perlakuan fisik. Pada proses koagulasi, koagulan dan air limbah yang akan diolah dicampurkan dalam suatu wadah atau tempat kemudian dilakukan pengadukan secara cepat agar diperoleh campuran yang merata distribusi koagulannya sehingga proses pembentukan gumpalan atau flok dapat terjadi secara merata pula. Proses flokulasi dilakukan setelah setelah proses koagulasi dimana pada proses koagulasi kekokohan partikel koloid ditiadakan sehingga terbentuk flok-flok lembut yang kemudian dapat disatukan melalui proses flokulasi[7, 21]. Penggoyahan partikel koloid ini akan terjadi apabila elektrolit yang ditambahkan dapat diserap oleh partikel koloid sehingga muatan partikel menjadi netral. Penetralan muatan partikel oleh koagulan hanya mungkin terjadi jika muatan partikel mempunyai konsentrasi yang cukup kuat untuk mengadakan gaya tarik menarik antar partikel koloid. Proses flokulasi berlangsung dengan pengadukan lambat agar campuran dapat membentuk flok-flok yang berukuran lebih besar dan dapat mengendap dengan cepat. Keefektifan proses ini tergantung pada konsentrasi serta jenis koagulan dan flokulan, pH dan temperatur[15].

2.3.1. Koagulasi

Koagulasi didefinisikan sebagai proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi termasuk bakteri dan virus, dengan suatu koagulan. sehingga akan terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan, proses pengikatan partikel koloid dapat dilihat pada gambar 2.4. Pengadukan cepat (*flash mixing*) merupakan bagian integral dari proses koagulasi[15,17,21] Tujuan pengadukan cepat adalah untuk mempercepat dan menyeragamkan penyebaran zat kimia melalui air yang diolah. Koagulan yang umum dipakai adalah alumunium sulfat, feri sulfat, fero sulfat dan PAC.



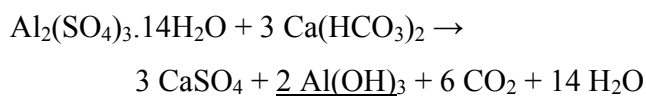
Gambar 2.4. Proses pengikatan partikel koloid oleh koagulan (CG).

Pengadukan cepat yang efektif sangat penting ketika menggunakan koagulan logam seperti alum dan *ferric chloride*, karena proses hidrolisnya terjadi dalam hitungan detik dan selanjutnya terjadi adsorpsi partikel koloid. Waktu yang dibutuhkan untuk zat kimia lain seperti polimer (*polyelectrolites*), *chlorine*, zat kimia alkali, *ozone*, dan potassium permanganat, tidak optimal karena tidak mengalami reaksi hidrolisis [9].

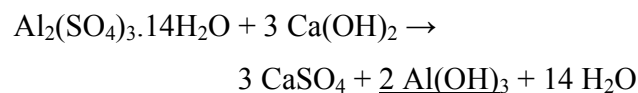
Jenis koagulan yang sering dipakai adalah [7, 16]:

a. Alumunium Sulfat (Alum)

Alumunium sulfat [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$] adalah salah satu koagulan yang umum digunakan karena harganya murah dan mudah didapat. Alkalinitas yang ada di dalam air bereaksi dengan alumunium sulfat (alum) menghasilkan alumunium hidroksida sesuai dengan persamaan:



Bila air tidak mengandung alkalinitas untuk bereaksi dengan alum, maka alkalinitas perlu ditambah. Biasanya alkalinitas dalam bentuk ion hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dengan reaksi:

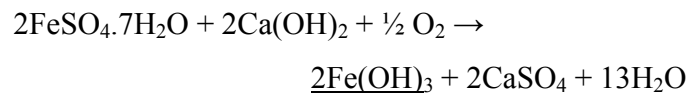


Alkalinitas bisa juga ditambahkan dalam bentuk ion karbonat dengan penambahan natrium karbonat. Nilai pH optimum untuk alum sekitar 4,5-8,0.

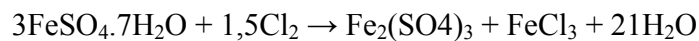
b. Ferrous Sulfate (FeSO₄)

Ferrous Sulfate membutuhkan alkalinitas dalam bentuk ion hidroksida agar menghasilkan reaksi yang cepat. Senyawa Ca(OH)₂ dan NaOH biasanya ditambahkan untuk meningkatkan pH sampai titik tertentu dimana ion Fe²⁺ diendapkan sebagai Fe(OH)₃.

Reaksinya adalah:



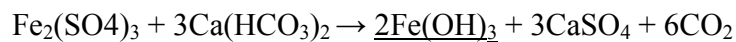
Agar reaksi diatas terjadi, pH harus dinaikkan hingga 7.0 sampai 9,5. Selain itu, *ferrous sulfate* digunakan dengan mereaksikannya dengan klorin dengan reaksi:



Reaksi ini terjadi pada pH rendah sekitar 4,0.

c. Ferric Sulfate dan Ferric Chloride

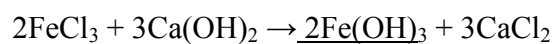
Reaksi sederhana ferric sulfate dengan alkalinitas bikarbonat alam membentuk *ferric hydroxide* dengan reaksi:



Sedangkan reaksi ferric chloride dengan alkalinitas bikarbonat alami yaitu:



Apabila alkalinitas alami tidak cukup untuk reaksi, Ca(OH)₂ ditambahkan untuk membentuk hidroksida. Reaksinya adalah:

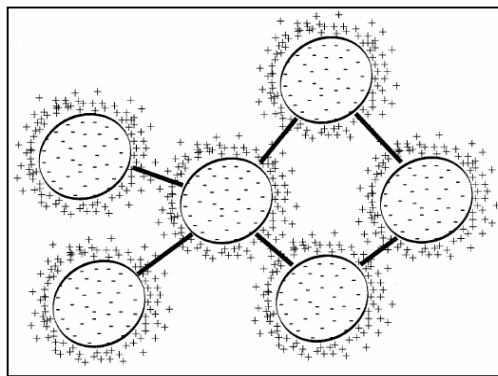


Tabel 2.1. Penerapan dosis koagulan[7].

Proses Kimia	Rentang Dosis, mg/L	pH	Keterangan
Soda (Ca (OH) ₂)	150-500	9,0-11,0	Untuk koagulasi koloid dan penghilangan P. Air limbah dengan kebiasaan rendah dan tinggi kandungan Pnya. Reaksi dasar: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Ca(HCO}_3)_2 \rightarrow 2\text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{MgCO}_3 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{Mg(OH)}_2 + \text{CaCO}_3$
Alumunium Sulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	75-250	4,5-7,0	Untuk koagulasi koloid dan penghilangan P. Air limbah dengan kebiasaan tinggi dan P rendah-stabil. Reaksi dasar: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al(OH)}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4$
Ferri Chloride $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	35-150	4,0-7,0	Untuk koagulasi koloid dan penghilangan P $\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe(OH)}_3 + 3\text{HCl}$
Ferro Sulfat $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	70-200	4,0-7,0	Air limbah dengan kebiasaan tinggi dan P rendah-stabil Sisa air besi (<i>Leaching</i>) di efluen dapat dikontrol, dan limbah besi diizinkan.
Polyalumunium Chloride $\text{Al}_{13}(\text{OH})_{22} \cdot (\text{SO}_4)_2 \cdot \text{Cl}_{15}$	75-250	4,5-7,0	

2.3.2. Flokulasi

Flokulasi merupakan proses pembentukan flok, yang pada dasarnya merupakan pengelompokan/ aglomerasi antara partikel dengan koagulan (menggunakan proses pengadukan lambat atau *slow mixing*), Proses pengikatan partikel koloid oleh flokulan dapat dilihat pada gambar 2.5. Pada flokulasi terjadi proses penggabungan beberapa partikel menjadi flok yang berukuran besar. Partikel yang berukuran besar akan mudah diendapkan.



Gambar 2.5. Proses pengikatan partikel koloid oleh flokulan

Tujuan dilakukan flokulasi pada air limbah selain lanjutan dari proses koagulasi [7, 21] adalah:

- Meningkatkan penyisihan *Suspended Solid* (SS) dan BOD dari pengolahan fisik.
- Memperlancar proses *conditioning* air limbah, khususnya limbah industri.
- Meningkatkan kinerja *secondary clarifier* dan proses lumpur aktif.
- Sebagai pretreatment untuk proses pembentukan *secondary effluent* dalam filtrasi.

Tabel .2.2. Penerapan dosis flokulan[7]

Proses Kimia	Rentang Dosis, mg/L	pH	Keterangan
Polimer Kationik	2-5	Tidak Berubah	Untuk koagulasi koloid atau untuk menambah koagulasi dengan logam. Pembentukan zat inert harus dihindari
Polimer Anionik dan Nonionik	0,25-1,0	Tidak Berubah	Digunakan untuk tujuan flokulasi, untuk mempercepat flokulasi dan pengendapan
Penambahan Berat dan Tanah Liat	3-20	Tidak Berubah	Digunakan untuk suspensi koloid yang sangat encer untuk diberatkan

Dari alat proses flokulasi, tipe Flokulator dapat dibagi menjadi beberapa jenis seperti tertampil pada tabel 2.3. di bawah ini :

Tabel 2.3. Tipe Flokulator

Jenis Flokulator	Typical Mixing Times, s	Keterangan
Static Mixers	600-1800	Untuk flokulasi partikel koloidal
Paddle Mixers	600-1800	Untuk flokulasi partikel koloidal
Turbine Mixers	600-1800	Untuk flokulasi partikel koloidal

Pada air limbah industri, biasanya nilai detention time dan nilai G di flokulasi tergantung pada karakteristik air limbahnya. Tipikal detention time dan gradien kecepatan G pada jenis-jenis flokulator dapat dilihat pada tabel 2.4.

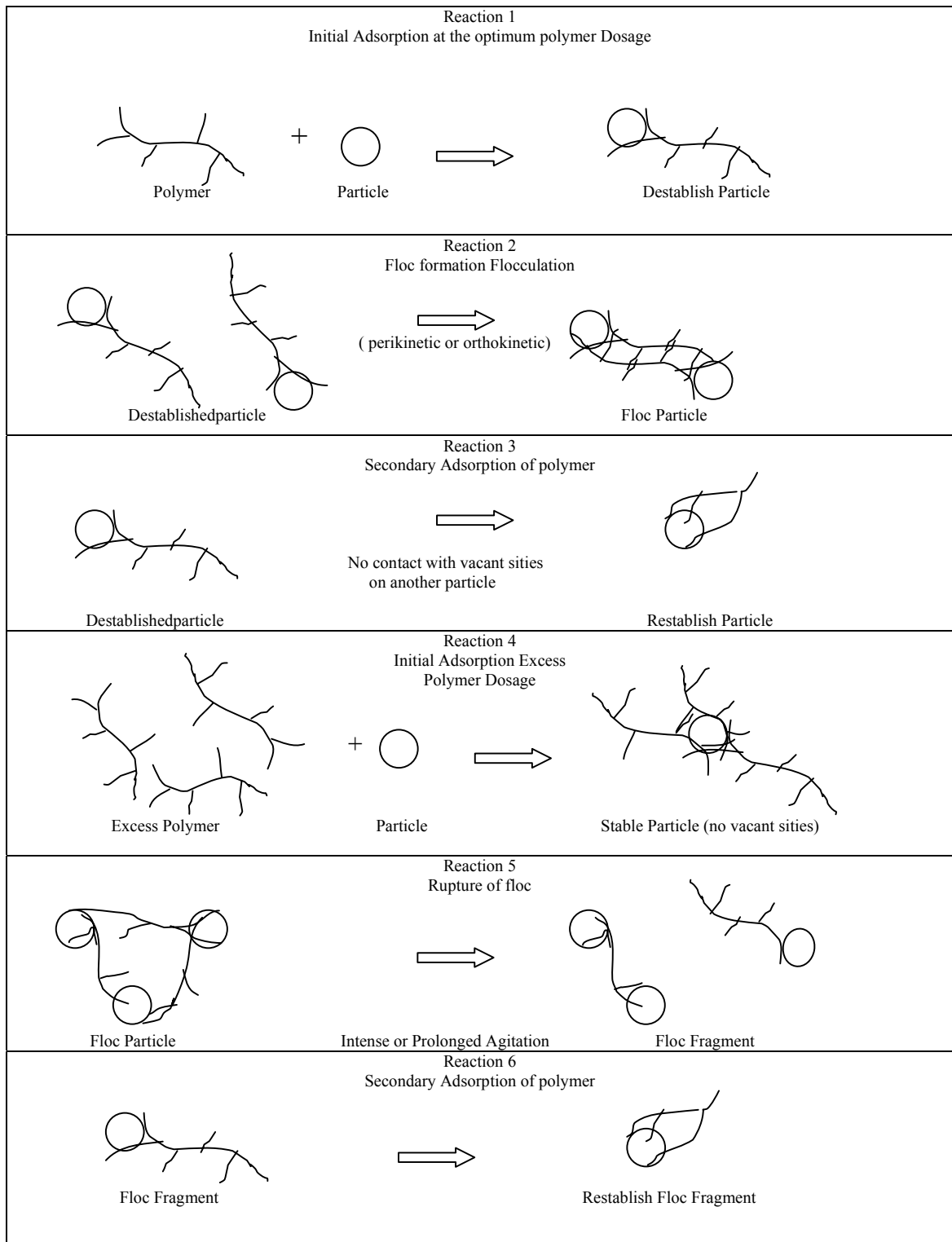
Tabel 2.4. Tipikal detention time dan gradien kecepatan G pada jenis-jenis flokulator

Proses	Range of Values	
	Detention Time	Nilai G
Flokulasi		
Tipikal flokulasi pada air limbah	30-60 min	50-100
Flokulasi pada proses <i>direct-filtration</i>	2-10 min	25-150
Flokulasi pada proses <i>contact-filtration</i>	2-5 min	25-200

Koagulasi yang efektif terjadi pada selang pH tertentu. Penggunaan koagulan logam seperti aluminium dan garam-garam besi secara umum dapat mendekolorisasi air limbah yang mengandung komponen-komponen organik. Koagulasi merupakan proses destabilisasi muatan pada partikel tersuspensi dan koloid. Flokulasi adalah aglomerasi dari partikel yang terdestabilisasi dan koloid menjadi partikel terendapkan[7, 16]. Dengan informasi yang didapat mengenai jenis serta batasan dosis optimal proses untuk koagulan dan flokulan maka dalam penelitian mulai dapat ditentukan jenis koagulan dan flokulan yang akan digunakan serta batasan dosis optimal sebagai langkah awal penelitian untuk mendapatkan jenis koagulan dan flokulan yang sesuai, metode pemilihan jenis koagulan dan flokulan dilakukan dengan metode penapisan rancangan Taguchi. Setelah didapat koagulan dan flokulan selanjutnya dilakukan penelitian untuk penentuan dosis yang optimum seperti pada batasan dosis optimal yang tertampil pada tabel 2.1 untuk koagulan dan tabel 2.2 untuk flokulan.

Ketika koagulan direaksikan dengan air limbah, partikel-partikel koloid yang terdapat dalam limbah tersebut akan membentuk agregasi atau penggabungan partikel kecil untuk membentuk partikel yang lebih besar, sebagai akibat dari adanya perbedaan muatan antara partikel koloid dengan koagulan. Proses koagulasi saja terkadang belum cukup untuk mengendapkan agregat tersebut secara cepat. Penambahan polimer akan mempengaruhi kestabilan molekul dari agregat yang terbentuk, sehingga ketika molekul

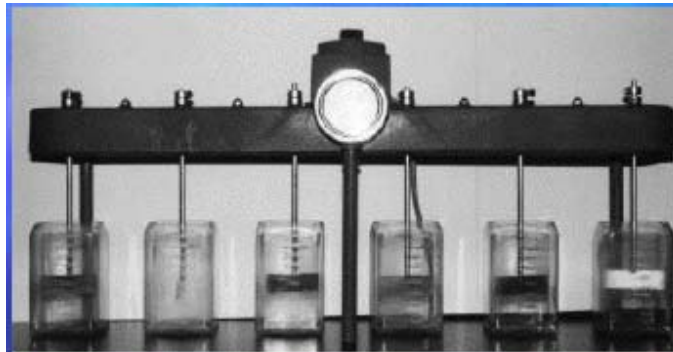
dalam keadaan tidak stabil polimer akan mudah untuk berikatan dengan agregat yang nantinya akan membentuk agregasi baru atau disebut juga flok. Flok-flok tersebut akan saling bergabung membentuk flok yang lebih besar proses koagulasi flokulasi ini dapat dilihat pada gambar 2.6 Flok-flok yang terbentuk mempunyai berat molekul yang lebih besar dari molekul air sebagai akibat dari penambahan polimer, sehingga flok tersebut akan dengan mudah mengendap[7, 17].



Gambar 2.6. Proses koagulasi flokulasi terhadap partikel koloid

2.4 Jarrest

Jarrest adalah rangkaian test untuk mengevaluasi proses-proses koagulasi dan flokulasi serta menentukan dosis pemakaian bahan kimia[22].



Gambar 2.7. Jarrest

Hal-hal yang perlu diketahui tentang Jarrest :

2.4.1. Tujuan Jarrest

Pada pengolahan air bersih atau air limbah dengan proses kimia selalu dibutuhkan bahan kimia tertentu pula untuk menurunkan kadar polutan yang ada di dalam air atau air limbah. Penambahan bahan kimia tidak dapat dilakukan sembarang, harus dengan dosis yang tepat dan bahan kimia yang cocok serta harus memperhatikan pHnya.

Sehingga jarrest bertujuan untuk menpotimalkan pengurangan polutan dengan :

- mengevaluasi koagulan dan flokulan
- menentukan dosis bahan kimia
- mencari pH yang optimal

2.4.2. Kegunaan Jarrest dalam Industri

2.4.2.1. Koagulasi

Air mengandung partikel-partikel koloid yang terlalu ringan untuk mengendap dalam waktu singkat. Partikel-partikel koloid tersebut tidak dapat menyatu menjadi partikel yang lebih besar karena pada umumnya partikel-partikel tersebut bermuatan listrik yang sama, sehingga dibutuhkan penambahan bahan kimia seperti koagulan yang dapat mendestabilkan partikel-partikel koloidal. Koagulasi adalah proses adsorpsi dari koagulan terhadap partikel koloid sehingga menyebabkan destabilisasi partikel. Proses ini biasa disebut proses netralisasi [22].

Pada proses koagulasi Jarrest digunakan untuk mencari bahan kimia apa yang cocok untuk air limbah tertentu dan beberapa dosis yang dibutuhkan untuk memperoleh hasil yang optimal. Proses koagulasi ini dengan pengadukan cepat supaya terjadi turbulensi yang baik agar bahan kimia dapat menangkap partikel-partikel koloid. Pengadukan cepat hanya dilakukan sebentar saja \pm 30-60 detik.

2.4.2.2.Flokulasi

Setelah selesai dengan proses koagulasi, proses yang terjadi dilanjutkan pada tahap ke dua yaitu proses flokulasi dimana terjadi penggabungan partikel-partikel yang tidak stabil sehingga membentuk flok yang lebih besar dan lebih cepat dapat dipisahkan. Sering kali flok yang terbentuk tidak begitu bagus sehingga dibutuhkan bahan kimia tambahan yang dapat membantu penggabungan flok-flok tersebut sehingga menjadi flok yang lebih besar. Flokulasi dilakukan pada pengadukan lambat dengan waktu 5-30 menit. Proses koagulasi, flokulasi dapat dijelaskan dengan teori jembatan kimia.

2.4.2.3.Presipitasi

Presipitasi adalah proses pengendapan dari garam-garam solid yang terbentuk karena adanya reaksi kimia. Presipitasi biasanya untuk penurunan logam berat. Pada presipitasi ini Jarrest digunakan untuk mencari kondisi optimum dimana pada kondisi ini diharapkan logam-logam berat yang ada di air limbah dapat diendapkan bersama-sama.

2.4.2.4.Oksidasi dan Desinfektan

Pada proses oksidasi mangan dan besi maupun desinfektan perlu dilakukan Jarrest untuk menentukan dosis yang dipakai agar tidak terlalu banyak sisa klor yang masih tertinggal. Jumlah desinfektan yang tertinggal dalam air untuk dosis tertentu dapat merusak kehidupan makhluk hidup lainnya yang sebenarnya bukan tujuan untuk dihilangkan, dalam industri sisa klor yang berlebihan dapat merusak system penukar ion dengan menutup pori-pori resin penukar ion.

2.4.3. Metode pengujian koagulasi flokulasi dengan cara jarrest

Standar nasional untuk metode pengujian koagulasi flokulasi dengan cara jarrest ditetapkan dalam SNI 19-6449-2000 termasuk prosedur umum untuk pengolahan dalam rangka mengurangi bahan-bahan terlarut, koloid dan yang tidak mengendap dalam air dengan menggunakan bahan kimia dalam proses koagulasi flokulasi, yang dilanjutkan dengan pengendapan secara gravitasi.

Uji koagulasi flokulasi dilaksanakan untuk menentukan dosis bahan-bahan kimia dan persyaratan yang digunakan untuk memperoleh hasil yang optimum. Variabel-variabel utama yang dikaji sesuai dengan yang disarankan, termasuk :

- Bahan kimia pembantu
- pH
- Temperatur
- Persyaratan tambahan dan kondisi campuran

Metode uji ini digunakan untuk mengevaluasi berbagai jenis koagulan dan flokulan pada proses pengolahan air bersih dan air limbah. Pengaruh konsentrasi koagulan dan flokulan dapat juga dievaluasi dengan metode ini.

BAB III

METODA PENELITIAN

Dalam penelitian ini Koagulan yang digunakan adalah alumunium sulfat, fero sulfat dan poly alumunium chloride dengan dosis 75 mg/l sampai 250 mg/l. Flokulan yang digunakan adalah flokulan anionik *Polyacrylic Acid* dengan dosis 0.25 mg/l sampai 1 mg/l dan flokulan kationik *Polyethylene-Imine* dengan dosis 2 mg/l sampai 5 mg/l. Pemilihan koagulan dan flokulan tersebut didasarkan pertimbangan[7,11] :

1. Jenis koagulan dan flokulan tersebut sesuai untuk pengolahan air limbah industri jamu, farmasi , makanan dan minuman.
2. Jenis koagulan dan flokulan tersebut memiliki kemampuan untuk mereduksi air limbah dengan efektif.
3. Mudah diperoleh di pasaran.
4. Harganya murah sehingga ekonomis dalam proses pengolahan air limbah.
5. Ramah lingkungan.

Parameter yang diamati adalah persentase penurunan nilai turbidity air limbah. Penelitian ini dilakukan terbagi dalam dua tahap yaitu pemilihan variabel proses dan penentuan dosis optimum variabel proses. Pada pemilihan variabel proses dilakukan penapisan menggunakan rancangan taguchi untuk memperoleh variabel proses yang paling berpengaruh terhadap proses koagulasi flokuasi yang selanjutnya digunakan untuk penentuan dosis optimum variabel proses selanjutnya dilakukan pengujian dosis optimum untuk air limbah. Penelitian dilakukan dengan parameter persentase penurunan nilai turbidity. Metode jartest digunakan untuk menganalisa keefektifan dari penggunaan flokulan dan koagulan yang digunakan.

Pada pemilihan variabel proses dilakukan penapisan menggunakan rancangan taguchi untuk memperoleh variabel proses yang paling berpengaruh terhadap proses koagulasi flokuasi. Hasil dari pemilihan variabel proses selanjutnya digunakan untuk penentuan dosis optimum variabel proses, pada tahap penentuan kondisi optimum

dilakukan percobaan seperti pada tahap pemilihan variabel tapi dalam percobaan ini difokuskan pada tiga variabel proses yang diperoleh pada tahap pemilihan variable pada dosis dan kondisi percobaan yang sama seperti pada tahap pemilihan variabel. Bila pada tahap penentuan dosis optimum ini masih belum diperoleh suatu kondisi optimum yang diharapkan maka percobaan akan dilanjutkan dengan dosis untuk tiga variable proses yang lebih tinggi sampai diperoleh kondisi yang optimum. Penentuan dosis untuk variable proses yang digunakan merujuk pada literatur untuk dosis penggunaan variable proses tersebut. Penelitian ini secara keseluruhan dilakukan dengan parameter turbidity yang selanjutnya akan digunakan untuk penentuan suatu model matematika yang sesuai[23].

3.1. Bahan Material dan Peralatan.

3.1.1. Bahan Material yang digunakan

No	Material	Karakteristik	Kondisi	Pabrikasi	Supplier
1.	Air limbah	Turbidity (FTU)	tertentu	-	PT. Sido Muncul
2.	Alumunium Sulfat	Kemurnian (%)	99	Ex Japan	Bratachem
3.	Fero Sulfat	Kemurnian (%)	99	PT. Asahi	Bratachem
4.	Poly Alumunium Chloride	Kemurnian (%)	30	PT. Asahi	Multi Kimia Raya
5.	Flokulan Kationik, Polyethylene-Imine	Kemurnian (%)	99	Buyer, Germany	Bratachem
6.	Flokulan Anionik, Polyacrylic acid	Kemurnian (%)	99	Buyer, Germany	Bratachem
7.	NaOH	Kemurnian (%)	99	PT. Ciwi Kimia	Multi Kimia Raya
8.	Air bersih (H ₂ O)	Hardness (mg/l)	< 150	PT. Sido Muncul	PT. Sido Muncul

3.1.2. Peralatan yang digunakan

3.1.2.1. Jar Test



Spesifikasi jartest

Merk jartest : Miyamoto, Japan.

No	Item	unit	Spesification
1.	Model	-	MJS – 6
2.	Serial number	-	N - 5137
3.	Mixing velocity range	rpm	0 – 200
4.	Power	watt	200
5.	Time calculating range	s	60 x 24 hours
7.	Impeller number	unit	6
8.	Frequensi	Hz	50 / 60
9.	AC power source	volt	220

3.1.2.2. Turbidity Meter



Spesifikasi turbidimeter

Merk turbidimeter : Hanna Instrument

No	Item	unit	Spesification
1.	Model	-	HI 93703
2.	Operating condition	⁰ C	0.0 -50.0
3.	Resolution	FTU	0.01 – 1.00
4.	Operating turbidity range	FTU	0.00 – 1,000.00
5.	Acuracy	%	5
6.	Net weight, approx	g	510
7.	Dimensions (W x D x H)	mm	220x82x66
8.	Power source	battery	4 x 1.5 AA

3.1.2.3. Spektrofotometer



Spesifikasi spektrofotometer

Merk spektrofotometer: Shimadzu (double beam spectrophotometer)

No	Item	unit	Spesification
1.	Model		UV – 140 - 02
2.	Range Absorbansi	%	0.00 – 2.00
		%	0.00 – 1.00
		%	0.00 – 0.20
		%	0.00 – 0.10
3.	AC power source	AC , 3 A	100 – 170 V
		AC , 2 A	220 – 240 V
4.	Frequency	Hz	50 - 60
5.	Wavelength	nm	adjustable

3.1.2.4. Neraca analitik



Spesifikasi Neraca Analitik Basic^{lite} dan Gem^{lite}

Merk neraca analitik : Sartorius

No	Item	unit	Spesification
1.	Model	-	BL 150S
2.	Weighing capacity	g	150
3.	Readibility	g	0.001
4.	Operating temperature range	⁰ C	+ 10.....+30
5.	Response time	s	2.5
6.	Net weight, approx	kg/lb	1.6 / 3.5
7.	Dimensions (W x D x H)	mm	189x251x70
8.	AC power source	AC adapter, 230 V	
9.	Frequency	Hz	48 – 60
10.	Power consumption	W	0.75

3.1.2.5. pH meter



Spesifikasi pH meter

Merk pH meter : Hanna Instrument

No	Item	unit	Spesification
1.	Model	-	HI 98127
2.	Operating pH range	pH	0.00- 14.00
3.	Temperature compensation	⁰ C	-0.5 – 60.0
4.	Accuracy	pH	0.05
5.	Electrode	-	HI 73127
6.	Net weight, approx	g	85
7.	Dimensions (W x D x H)	mm	163x40x26
8.	Power	Battery	4 AA x 1.5 V
9.	Auto-off	minutes	8
10.	Resolution	pH / Temp.	0.01 / 0.1

3.2. Metode Analisa

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan jartes yang terdiri dari 6 buah pengaduk yang motor pengaduknya dapat diatur rpmnya, pengadukan lambat dengan kecepatan pengadukan 40 rpm dan pengadukan cepat 140 rpm. Jartes ini pun dapat diatur waktu prosesnya dimana untuk pengadukan cepat selama 1 menit dan pengadukan lambat selama 20 menit lalu diendapkan selama 15 menit. Analisa yang dilakukan meliputi :

3.2.1. Nilai turbidity menggunakan turbidity meter dengan panjang gelombang 890 nm.

3.2.2. Nilai absorbansi menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm

Prosentase penurunan turbidity / absorbansi terbaik dijadikan sebagai kondisi optimal proses flokulasi koagulasi.

$$\% \text{ penurunan nilai turbidity} = \frac{X_1 - X_2}{X_1} \times 100\%$$

dimana

X_1 = nilai Turbidity / absorbansi sebelum perlakuan (influen)

X_2 = nilai Turbidity / absorbansi setelah perlakuan (efluen)

3.3. Teknik pengambilan sampel

Sampel air limbah diambil dari PT. Sido Muncul dengan waktu yang berbeda, pengambilan dilakukan acak pada hari yang berbeda tiap minggunya dan waktu pengambilan dilakukan pada pagi, siang dan sore kemudian sampel ini dicampurkan dalam suatu wadah agar homogen. Untuk keperluan satu tahap proses dilakukan pengambilan sampel air limbah sebanyak 40 liter.

Alat yang digunakan : gayung dan jerigen air

3.4. Analisa sampel

Analisa sampel sebelum proses meliputi pH, turbidity dan absorbansi

3.5. Interpretasi data

Data penelitian disampaikan dalam bentuk tabel dan grafik. Untuk model matematika proses diperoleh melalui regresi grafik pada kondisi optimum.

3.6. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan jartes sebagai tahap proses dan turbidity meter untuk mengukur turbidity sebagai parameter. Setiap pengambilan sampel air limbah industri jamu disiapkan untuk satu kali tahapan proses yang meliputi semua variabel proses yang diamati pengaruhnya, untuk satu kali tahapan proses diperlukan sekitar 40 liter air limbah, sebelum digunakan setiap sampel dianalisa nilai turbidity dan absorbansinya. Penggunaan jartes dilakukan dengan mengaktifkan jartes selama 30 detik kemudian masukan koagulan dengan dosis yang telah ditentukan lalu aktifkan pengadukan dengan kecepatan 140 rpm selama 1 menit untuk pengadukan cepat kemudian turunkan kecepatan pengadukan menjadi 45 rpm pada kondisi ini tambahkan flokulan dengan dosis tertentu, pengadukan lambat dilakukan selama 15 menit lalu biarkan air limbah selama 15 menit setelah itu sampel diambil untuk diukur nilai turbidity dan absorbansinya. Penentuan waktu pengendapan proses 15 menit setelah melewati tahap jartes didasari pada realita pengolahan air limbah yang ada terjadi proses pengendapan di dalam clarifier selama 30 menit, karena proses penelitian menggunakan jartest dilakukan secara batch dan untuk kondisi yang lebih baik maka waktu untuk pengendapan ditentukan 15 menit. Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut :

3.6.1. Penelitian Pemilihan Variabel Proses

Penelitian pemilihan variabel proses merupakan suatu metode penapisan menggunakan rancangan Taguchi dimana pada proses pemilihan variabel ini terdapat tujuh variabel proses yang akan diteliti pengaruhnya dan akan dipilih tiga variabel proses yang paling dominan dalam proses koagulasi flokulasi. Dalam penelitian ini Koagulan yang digunakan adalah alumunium sulfat, fero sulfat dan poly alumunium chloride dengan dosis 75 mg/l sampai 250 mg/l., jumlah dosis ini sesuai dengan rujukan dosis pemakaian koagulan yang pada tabel 9. Flokulan yang digunakan adalah flokulan anionik *Polyacrylic Acid* dengan dosis 0.25 mg/l sampai 1 mg/l dan flokulan kationik *Polyethylene-Imine* dengan dosis 2 mg/l sampai 5 mg/l, jumlah dosis ini sesuai dengan rujukan dosis pemakaian flokulan yang pada tabel 10. Penentuan pH pada proses ini merupakan variabel proses juga dimana nilai pH yang digunakan antara 4 sampai 7, air

limbah PT. Sido Muncul bersifat asam antara 4 dan 5 sedang untuk mencapai pH 7 dilakukan dengan penambahan NaOH. Penelitian pemilihan variabel proses ini dilakukan menggunakan jartes untuk proses koagulasi dan flokulasi dilanjutkan dengan pengendapan selama 15 menit setelah itu dilakukan pengukuran nilai turbidity dan absorbansi kemudian nilai-nilai ini dihitung dengan cara Taguchi untuk mendapatkan tiga variabel proses yang mempunyai efek paling dominan terhadap proses koagulasi flokulasi.

Rancangan percobaan pemilihan variabel proses dilakukan dengan rancangan Taguchi yang tersaji pada tabel 3.1. sebagai berikut :

Tabel 3.1. Variabel Uji Percobaan dengan Sistem Koagulasi & Flokulasi

No	Variabel Uji	Dosis	
		Rendah (-)	Tinggi (+)
1	K. Ferro Sulfat	75 mg/L	200 mg/L
2	K. Alumunium Sulfat	75 mg/L	250 mg/L
3	K. Poly Alumunium Cloride	75 mg/L	250 mg/L
4	F. Anionik, Polyacrylic Acid	0.25 mg/L	1 mg/L
5	F. Kationik, Polyethylene-Imine	2 mg/L	5 mg/L
6	pH (Penambahan NaOH 75 ppm)	4 – 5	7
7	Pengadukan (Mixing)	40 rpm	140 rpm

Variabel yang diukur :

1. Turbidity pada panjang gelombang 890 nm
2. Absorbansi (Spektrofotometer) pada panjang gelombang 600 nm

Pengukuran dilakukan setelah dilakukan pengendapan selama 15 menit

Pada penelitian ini semua variabel proses melakukan interaksi, dimana dosis variabel yang digunakan hanya pada dosis tertinggi (+) dan dosis terendah (-) sesuai dengan rujukan pada tabel 4 dan tabel 5. Nilai turbidity dan absorbansi yang diperoleh kemudian dihitung menggunakan perhitungan Taguchi untuk memperoleh efek positif yang paling dominan. Matriks rancangan Taguchi untuk menentukan tiga variabel proses

yang paling dominan memberikan efek positif terhadap proses koagulasi flokulasi ditampilkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 . Matriks Rancangan Taguchi

No	Koagulan			Flokulan		pH	Mixing	Indikasi	
	Fero Sulfat	Alumunium Sulfat	PAC	Anionik	Kationik			% Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Absorbansi
1	-	-	-	-	-	-	-	y ₁	x ₁
2	-	-	-	+	+	+	+	y ₂	x ₂
3	-	+	+	-	-	+	+	y ₃	x ₃
4	-	+	+	+	+	-	-	y ₄	x ₄
5	+	-	+	-	+	-	+	y ₅	x ₅
6	+	-	+	+	-	+	-	y ₆	x ₆
7	+	+	-	-	+	+	-	y ₇	x ₇
8	+	+	-	+	-	-	+	y ₈	x ₈

Menentukan Efek Variabel Terhadap % Penurunan Nilai Absorbansi :

$$\text{Efek Variabel K. Ferro Sulfat} = [(y_5 + y_6 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)]/4$$

$$\text{Efek Variabel K. Alumunium Sulfat} = [(y_3 + y_4 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_5 + y_6)]/4$$

$$\text{Efek Variabel K. PAC} = [(y_3 + y_4 + y_5 + y_6) - (y_1 + y_2 + y_7 + y_8)]/4$$

$$\text{Efek Variabel F. Anonik} = [(y_2 + y_4 + y_6 + y_8) - (y_1 + y_3 + y_5 + y_7)]/4$$

$$\text{Efek Variabel F. Kationik} = [(y_2 + y_4 + y_5 + y_7) - (y_1 + y_3 + y_6 + y_8)]/4$$

$$\text{Efek Variabel pH} = [(y_2 + y_3 + y_6 + y_7) - (y_1 + y_4 + y_5 + y_8)]/4$$

$$\text{Efek Variabel Pengadukan (Mixing)} = [(y_2 + y_3 + y_5 + y_8) - (y_1 + y_4 + y_6 + y_7)]/4$$

Menentukan Efek Variabel Terhadap % Penurunan Nilai Turbidity :

$$\text{Efek Variabel K. Ferro Sulfat} = [(x_5 + x_6 + x_7 + x_8) - (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)]/4$$

$$\text{Efek Variabel K. Alumunium Sulfat} = [(x_3 + x_4 + x_7 + x_8) - (x_1 + x_2 + x_5 + x_6)]/4$$

$$\text{Efek Variabel K. PAC} = [(x_3 + x_4 + x_5 + x_6) - (x_1 + x_2 + x_7 + x_8)]/4$$

$$\text{Efek Variabel F. Anonik} = [(x_2 + x_4 + x_6 + x_8) - (x_1 + x_3 + x_5 + x_7)]/4$$

$$\text{Efek Variabel F. Kationik} = [(x_2 + x_4 + x_5 + x_7) - (x_1 + x_3 + x_6 + x_8)]/4$$

$$\text{Efek Variabel pH} = [(x_2 + x_3 + x_6 + x_7) - (x_1 + x_4 + x_5 + x_8)]/4$$

$$\text{Efek Variabel Pengadukan (Mixing)} = [(x_2 + x_3 + x_5 + x_8) - (x_1 + x_4 + x_6 + x_7)]/4$$

Variabel yang mempunyai efek positif besar terhadap penurunan nilai absorbansi dan turbidity dalam air limbah PT. Sido Muncul adalah tiga variabel yang mempunyai

nilai positif terbesar. Variabel-variabel proses yang tercantum dalam tabel rancangan Taguchi semuanya orthogonal sehingga bersifat independent, tidak saling bergantung satu dengan lainnya tetapi saling berinteraksi satu dengan yang lainnya. Pada tabel 14 ditunjukkan bahwa tanda – (minus) pada tabel menunjukkan variabel proses berinteraksi dengan variabel proses lainnya pada kondisi dosis minimum dan tanda + (plus) menunjukkan variabel berinteraksi dengan variabel proses lainnya dengan kondisi dosis maksimum. Kondisi dosis maksimum minimum suatu variabel proses koagulan flokulan sesuai dengan rujukan penelitian yang tertampil pada tabel 2.1 dan tabel 2.2.

Pada penelitian ini parameter yang digunakan untuk menganalisa optimalnya proses koagulasi flokulasi pada tahap pemilihan variabel proses adalah parameter absorbansi dan parameter turbidity. Pada saat penelitian ini disusun alat untuk mengevaluasi optimalnya proses hanya terdapat spektrofotometer sehingga penelitian terfokus pada parameter absorbansi tetapi kemudian seiring perjalanan penelitian alat turbidimeter yang dipesan datang sehingga untuk memperoleh hasil penelitian yang lebih baik maka kedua parameter tersebut dipergunakan. Setelah pada penentuan variabel proses diperoleh tiga variabel proses yang memberikan efek positif terbesar diperoleh hanya digunakan maka pada penentuan kondisi optimum variabel proses hanya digunakan parameter turbidity karena sudah cukup untuk mewakili. Pada prinsipnya kinerja absorbansi pada spektrofotometer dengan turbidimeter hampir sama yaitu dengan memanfaatkan pembiasan cahaya yang diah suatu sumber cahaya yang telah ditentukan panjang gelombangnya. Gelombang pada alat spektrofotometer ditentukan 600 nm setelah pada analisa yang dilakukan terhadap beberapa panjang gelombang untuk air limbah PT. Sido Muncul ternyata pada panjang gelombang 600 nm memberikan posisi peak gelombang yang tertinggi sehingga pada kondisi panjang gelombang 600 nm dianggap sebagai panjang gelombang yang sesuai untuk penentuan nilai absorbansi air limbah ini. Sedang pada turbidimeter merk Hanna dengan type HI 93703 telah ditentukan panjang gelombang yang digunakan untuk mengukur nilai turbidity air sebesar 890 nm, untuk menguji keakuratan pengukuran maka instrument turbidimeter ini dilengkapi dengan larutan formazin dengan kode HI 93703-0 untuk turbidity 0 FTU dan dengan kode HI 93703-10 untuk turbidity 10 FTU. Alat turbidimeter ini pun dilengkapi dengan larutan

antistatik kode HI 93703 untuk pencucian cuvet, larutan ini terbuat dari amonium khlorida dan ethanol.

3.2.2. Penentuan dosis optimum

Penentuan dosis optimum dilakukan setelah pada tahap pemilihan variabel proses diperoleh tiga variabel yang dominan memberikan efek positif terbesar terhadap proses koagulasi flokulasi. Pada tahap penentuan dosis optimum dilakukan suatu pengujian dengan range variabel proses seperti pada tahap pemilihan variabel proses menggunakan jartes hanya pada penelitian ini dilakukan terfokus pada tiga variabel proses tapi pada batas range seperti yang tertampil pada tahap pemilihan variabel proses dan range untuk dosis variabel proses yang terpilih dilakukan dengan range tertentu supaya diperoleh dosis optimum yang akurat. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah persentase penurunan nilai turbidity yang diukur menggunakan turbidimeter merk Hanna Instrument dengan model HI 93073 memiliki panjang gelombang 890 nm. Bila pada penelitian ini masih belum diperoleh pada kondisi yang optimal maka dilakukan percobaan dengan tiga variabel tersebut tapi pada dosis yang lebih tinggi sampai diperoleh kondisi yang optimal, bila kondisi optimal untuk koagulan dan flokulan sudah diperoleh maka dilakukan penentuan model matematika. Rancangan penelitian penentuan dosis optimum dilakukan seperti pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Rancangan penelitian penentuan dosis optimum

No	Variabel Percobaan	Satuan	Komposisi Variabel					
1.	A	mg/l	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
2.	B	mg/l	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆
3.	C	mg/l	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
4.	Turbidity air limbah	FTU	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆

Dimana A_n, B_n dan C_n merupakan dosis untuk variabel proses, sedang L_n adalah kondisi turbidity awal air limbah.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang diperoleh pada penelitian mengenai penentuan dosis optimal untuk proses koagulasi flokulasi untuk air limbah industri jamu. Pembahasan yang dilakukan terhadap penelitian ini meliputi pengaruh waktu penyimpanan terhadap penurunan nilai turbidity dan absorbansi, pemilihan variabel proses yang memberikan efek positif terhadap proses koagulasi flokulasi dan penentuan dosis optimal untuk variabel proses pada berbagai karakter air limbah industri jamu.

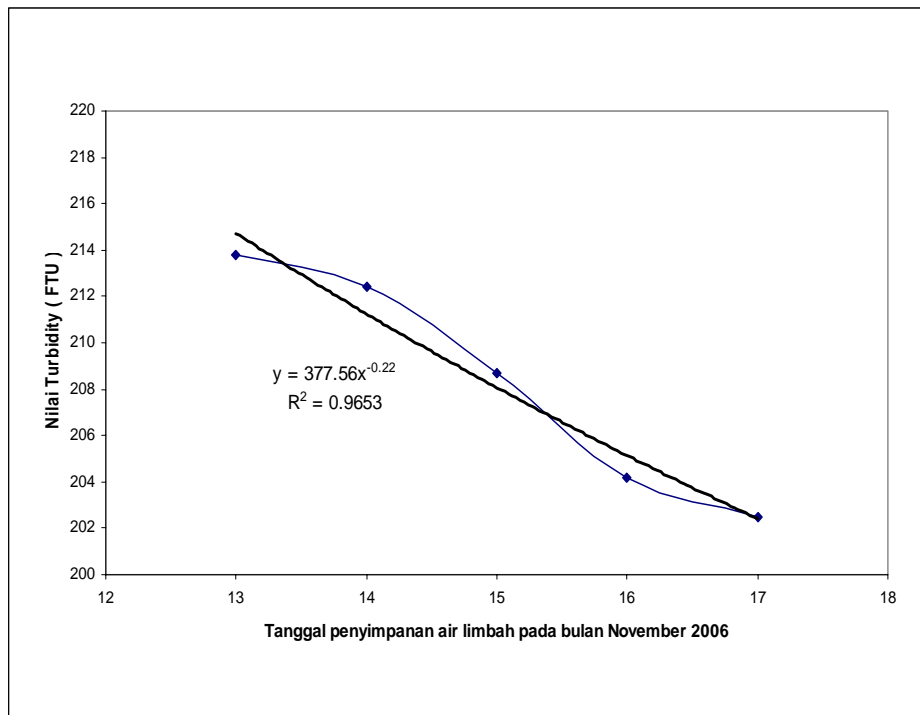
4.1. Pengaruh waktu penyimpanan terhadap nilai turbidity dan absorbansi

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sampel air limbah PT. Sido Muncul sebanyak 44 liter dimana jumlah tersebut mencukupi untuk melakukan satu tahap penelitian pemilihan variabel proses, untuk satu kali percobaan diperlukan 8 liter air limbah. Untuk keakuratan data percobaan pemilihan variabel proses maka percobaan ini dilakukan berulang-ulang, hal ini dilakukan karena kondisi sebenarnya yang terjadi di lapangan tidak semua air limbah yang dihasilkan bisa terproses hari itu juga bisa tertunda beberapa hari tergantung dari jumlah air limbah yang dihasilkan. Sehingga pada setiap akan dilakukan proses penelitian pemilihan variabel proses dilakukan pengecekan terhadap kondisi turbidity dan absorbansi awal, pada uji coba pertama pada tanggal 13 Nopember 2007 ternyata terjadi penurunan nilai turbidity dan nilai absorbansi selama penyimpanan 5 hari sampai tanggal 17 Nopember 2007 sebanyak 5.29% untuk turbidity serta 4.88% untuk absorbansi dan hal ini pun terjadi pada sampel air limbah yang diambil pada tanggal 21 Nopember 2007 selama penyimpanan 4 hari sampai tanggal 24 Nopember 2007 sebanyak 4.49% untuk turbidity serta 3.90% untuk absorbansi. Penurunan nilai turbidity dan absorbansi untuk sampel air limbah yang berbeda kondisi ini dapat dilihat pada tabel 4.1

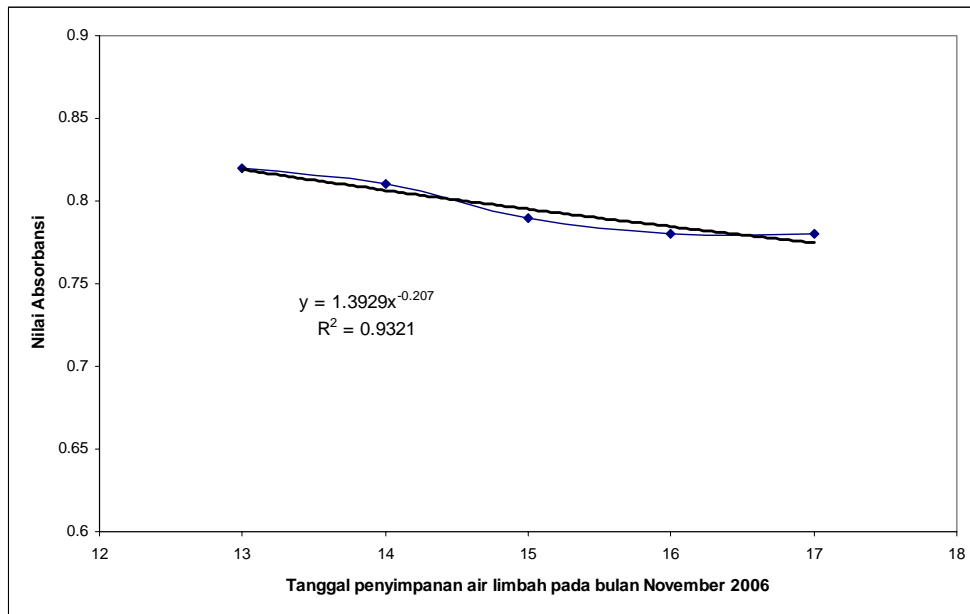
Tabel 4.1. Karakteristik Air Limbah Terhadap Waktu Penyimpanan

No	Tanggal Pengambilan Sampel	Tanggal Percobaan	Jam	Jumlah (liter)	Pemakaian (liter)	Karakteristik	
						Turbidity (FTU)	Absorbansi (nm)
1.	13 Nopember 2006		10.00	44		213.8	0.82
		13 Nopember 2006	11.20		8	213.8	0.82
		14 Nopember 2006	15.20		8	212.4	0.81
		15 Nopember 2006	14.00		8	208.7	0.79
		16 Nopember 2006	15.20		8	204.2	0.78
		17 Nopember 2006	15.00		8	202.5	0.78
Penurunan Nilai						<i>11.3</i>	<i>0.04</i>
% Penurunan Nilai						<i>5.29</i>	<i>4.88</i>
2.	21 Nopember 2006		15.00	44		187.0	0.77
		21 Nopember 2006	15.30		8	187.0	0.77
		22 Nopember 2006	15.20		8	183.4	0.76
		23 Nopember 2006	14.00		8	180.9	0.74
		24 Nopember 2006	10.20		8	178.6	0.74
Penurunan Nilai						<i>8.4</i>	<i>0.03</i>
% Penurunan Nilai						<i>4.49</i>	<i>3.90</i>

Dari gambar 4.1. grafik penurunan nilai turbidity dan gambar 4.2. grafik penurunan nilai asorbansi terhadap waktu penyimpanan terlihat bahwa selama penyimpanan air limbah mengalami proses degradasi secara biologi hal ini dapat dilihat dari menurunnya nilai turbidity dari kondisi awal pada tanggal 13 Nopember 2006 sebesar 213.8 FTU menjadi 202.5 FTU pada tanggal 17 Nopember 2006 berarti selama 5 hari terjadi penurunan turbidity sebesar 11.3 FTU atau penurunan sebesar 5.29%. Hal ini terjadi pada nilai absorbansi yang sebelumnya 0.82 dalam 5 hari menjadi 0.78 atau penurunan sebesar 4.88%. Sedang pada tanggal 21 Nopember 2007 selama penyimpanan 4 hari sampai tanggal 24 Nopember 2007 terjadi penurunan nilai sebanyak 4.49% untuk turbidity serta 3.90% untuk absorbansi.



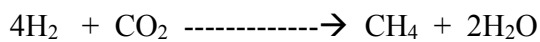
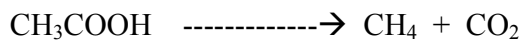
Gambar 4.1. Grafik pengaruh penurunan nilai turbidity terhadap waktu penyimpanan



Gambar 4.2. Grafik pengaruh penurunan nilai asorbansi terhadap waktu penyimpanan

Penurunan nilai absorbansi dan turbidity ini disebabkan oleh aktifitas multi mikroorganisme anaerobik yang terdapat dalam air limbah. Di dalam tempat penyimpanan, mikroorganisme anaerob tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi dimana dalam perkembangannya memanfaatkan air limbah yang mengandung unsur organik sebagai makanannya dan merubahnya menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti CH_4 dan CO_2 [24]. Dilihat dari temperatur tempat peyimpanan sekitar 29°C maka bakteri anaerob ini termasuk kelompok mesophil yaitu jenis bakteri anaerob yang aktif baik pada temperatur antara 25°C sampai 37°C . Bau tak sedap yang keluar pada saat tutup penyimpanan dibuka diakibatkan oleh aktifitas bakteri anaerob yang melakukan kesetimbangan asam basa dengan garamnya dimana dalam kondisi ini dilepaskannya seyawa asam seperti asam asetat dan asam propionat serta amonia[25,26]. Dari data penurunan turbiditynya maka proses biologi ini selama 5 hari dapat mereduksi turbidity air limbah sebesar 5.29% lebih tinggi dari peyimpanan selama 4 hari sebesar 4.49% ini menunjukkan bahwa proses reduksi organik oleh bakteri anaerob terus berlangsung seiring waktu. Penurunan ini akan lebih signifikan jika parameter yang diukur adalah COD dan BOD sebab bakteri anaerob ini lebih cenderung mereduksi komponen-komponen organik menjadi metana, karbondioksida, amonium, hidrogen

sulfida dan air sehingga prosesnya disebut biokonversi anaerobik. Dalam proses reduksi komponen-komponen organik ini bakteri anaerob mengalami beberapa tahapan proses seperti tahap hidrolisis yang merupakan tahap fermentasi untuk memproduksi eco enzyme, tahap acidogenesis merupakan tahap fermentasi bakteri terhadap komponen organik menjadi komponen organik yang lebih sederhana alkohol, asam laktat, dll. Tahap acetogenesis yang merupakan tahapan yang mereduksi produk tahap acidogenesis menjadi asetat, hidrogen dan karbon dioksida, tahap metanogenesis yang merupakan tahap akhir dimana komponen-komponen yang dihasilkan pada tahap awal diproses menjadi metana, proses tersebut berlangsung sebagai berikut [17,26] :



Dilihat dari bentuk grafiknya maka proses biologis ini terus berlangsung selama waktu penyimpanan, ini ditunjukkan pula oleh persamaan matematika grafik $Y = 377.56.X^{-0.22}$ untuk turbidity dan $Y = 1.3929.X^{-0.207}$ untuk absorbansi yang menunjukkan bahwa nilai turbidity dan absorbansi cenderung menurun seiring waktu penyimpanan. Tapi dilihat dari prosentase penurunannya sekitar 5,29% dalam 5 hari maka pengolahan secara biologi ini akan memerlukan waktu yang cukup lama dalam mereduksi komponen-komponen organik dalam air limbah, sehingga bila proses ini digunakan untuk penanganan air limbah organik akan diperlukan tempat yang luas [24].

4.2. Penelitian pemilihan variabel proses

Dari metode penapisan rancangan Taguchi untuk 7 variabel proses meliputi koagulan Alumunium Sulfat, Fero sulfat, Poly Alumunium Chloride, Flokulan Anionik Polyacrylic acid, Flokulan Kationik Polyethylene-Imine, NaOH 98% untuk penyesuaian pH dan variabel pengadukan, setelah dilakukan percobaan dengan sample air limbah yang berbeda diperoleh 3 variabel proses yang paling berpengaruh dalam proses koagulasi flokulasi yaitu koagulan fero sulfat, flokulan kationik dan variabel pH. hal ini dapat dilihat dari hasil penapisan yang dilakukan berulang – ulang untuk sampel air limbah yang berbeda kondisi awalnya. Seperti tertampil pada tabel 4.2 untuk penapisan yang dilakukan pada tanggal 13 Nopember 2006 dengan Turbidity 213.8 FTU dan Absorbansi 0.82 dan tabel 4.3. untuk pada tanggal 21 Nopember 2006 dengan Turbidity 187.0 FTU dan Absorbansi 0.77.

Tabel 4.2. Nilai efek parameter terhadap variabel proses dengan metode penapisan Taguchi pada tanggal 13 Nopember 2007

Variabel Proses	Nilai Efek Variabel Terhadap Absorbansi	Nilai Efek Variabel Terhadap Turbidity
K. Ferro Sulfat	6.40	4.05
K. Alumunium Sulfat	2.15	1.30
K. Poly Alumunium Chloride	-0.30	0.15
F. Anionik, Polyacrylic Acid	2.15	1.70
F. Kationik, Polyethylene-Imine	7.00	3.45
pH (Penambahan NaOH 75 ppm)	3.95	2.00
Pengadukan (Mixing)	2.80	1.75

Tabel 4.3 Nilai efek parameter terhadap variabel proses dengan metode penapisan Taguchi pada tanggal 21 Nopember 2007

Variabel	Nilai Efek Variabel Terhadap Absorbansi	Nilai Efek Variabel Terhadap Turbidity
K. Ferro Sulfat	8.125	4.225
K. Alumunium Sulfat	1.625	1.175
K. Poly Alumunium Cloride	-0.325	1.175
F. Anionik, Polyacrylic Acid	2.925	1.575
F. Kationik, Polyethylene-Imine	7.475	3.175
pH (Penambahan NaOH 75 ppm)	3.650	2.625
Pengadukan (Mixing)	2.925	1.225

Dari tabel diatas maka variabel yang mempunyai efek positif besar terhadap pengendapan larutan dalam air limbah PT. Sido Muncul adalah :

1. Koagulan Ferro sulfat
2. Flokulan Kationik
3. Variabel pH

Dari hasil ini dapat dijelaskan bahwa walaupun ketiga koagulan yaitu alumunium sulfat, fero sulfat dan poly alumunium chloride menunjukkan proses koagulasi yang baik terhadap air limbah industri jamu tapi koagulan fero sulfat lebih sesuai untuk air limbah industri jamu ini karena koagulan fero sulfat merupakan koagulan yang dapat bekerja efektif pada air limbah dengan dengan kondisi asam pH 4 sampai dengan kondisi netral pH 7 sedangkan koagulan alumunium sulfat dan poly alumunium chloride cenderung efektif untuk air limbah yang bersifat basa dan koagulasi yang efektif terjadi pada selang pH tertentu sehingga setiap jenis air limbah akan memberikan efek yang berbeda-beda untuk tiap jenis koagulan tergantung karakteristik air limbah[7]. Partikel yang berupa

koloid dalam air memiliki muatan listrik pada permukaannya, apabila semakin kecil partikel yang tersuspensi di dalam air maka akan menjadi semakin luas permukaannya dan semakin besar pengaruh muatan listrik pada permukaannya[21,22]. Kondisi koloid ini akan stabil bila partikel-partikel bermuatan sama akan saling tolak menolak, sehingga mengakibatkan akan menghalangi partikel saling berdekatan dan mengelompok. Inilah yang menyebabkan partikel koloid tidak akan mengendap walaupun didiamkan dalam waktu yang cukup lama, kondisi ini dapat dirubah bila kedalam air tersebut ditambahkan zat kimia yang dapat mereduksi muatan listrik pada permukaan partikel-partikel koloid yang dapat membuat gaya tolak menolak antar partikel koloid akan melemah sehingga partikel akan berdekatan bergabung membentuk flok-flok halus [7,22]. Pada kondisi proses koagulasi yang berlangsung, koagulan fero sulfat bersifat positif sehingga dapat membuat gaya tolak menolak antar partikel partikel koloid air limbah yang bersifat negatif melemah sehingga partikel akan berdekatan bergabung membentuk flok-flok halus. Selain itu koagulan fero sulfat pun dapat menurunkan bahkan meniadakan kekokohan partikel koloid air limbah apabila elektrolit yang ditambahkan dapat diserap oleh partikel koloid air limbah sehingga muatan partikel menjadi netral, penetralan muatan partikel oleh koagulan hanya mungkin terjadi jika muatan partikel mempunyai konsentrasi yang kuat untuk mengadakan gaya tarik menarik antar partikel koloid [27].

Pada proses penapisan ini flokulan kationik cenderung memberikan efek positif yang besar terhadap proses koagulasi flokulasi ini menunjukkan bahwa air limbah industri jamu PT. Sido Muncul bermuatan negatif sehingga dengan flokulan kationik cenderung tarik menarik sehingga membentuk suatu ikatan partikel yang lebih besar dari yang dibentuk pada proses koagulasi, sedang dengan flokulan anionik cenderung terjadi gaya tolak menolak antara partikel –partikel koloid dengan flokulan yang menyebabkan tidak terbentuknya flok dengan optimal hal ini disebabkan oleh muatan partikel yang sama. Mekanisme koagulasi flokulasi yang terjadi pada air limbah yang mengandung komponen-komponen organik ini dapat dijelaskan sebagai berikut air limbah PT. Sido Muncul mengandung sebagian besar terdiri dari komponen-komponen organik memiliki muatan negatif yang kemudian harus dinetralkan untuk terjadinya proses koagulasi flokulasi. Dispersi koloid ini stabil karena menghilangkan adanya penolakan elektrostatik antara muatan-muatan negatif partikel koloid. Penambahan kation untuk

menetralisasi muatan negatif partikel menyebabkan terjadinya gaya Van Der Waals, sehingga partikel-partikel tersebut saling berikatan membentuk flok-flok yang berukuran besar sehingga flok-flok tersebut dapat terflokulasi seperti tertampilkan pada gambar 2.4. untuk pengikatan partikel koloid negatif oleh koagulan dan gambar 2.5. untuk proses flokulasi. Dalam hal ini penentuan dosis yang optimum benar-benar diperlukan sebab bila terjadi adsorpsi dari kation yang berlebih dapat menyebabkan terjadinya deflokulasi atau restabilisasi koloid karena adanya gaya tolak menolak antar muatan partikel yang positif [28].

Berdasarkan hasil penapisan variabel diatas maka untuk penelitian optimalisasi proses koagulasi flokulasi untuk pengolahan air limbah organik industri jamu (studi kasus PT. Sido Muncul Semarang) lebih lanjut dipilih sebagai dosis variabel adalah dosis koagulan fero sulfat dengan konsentrasi 75 mg/l sampai 200 mg/l, flokulan kationik Polyethylene-Imine dengan konsentrasi 2 mg/l sampai 5 mg/l dan variabel pH mulai dari tanpa pengolahan (pH= 4-5) sampai dengan penambahan 75 mg/l NaOH (pH = 7). Pada penelitian penentuan variabel proses sebenarnya hampir semua variabel proses yang diuji dengan penapisan rancangan Taguchi memberikan efek positif baik ditinjau dari parameter turbidity maupun absorbansi tetapi dalam proses koagulasi flokulasi harus dipilih satu koagulan dan satu flokulan sehingga dalam penelitian ini dilihat koagulan fero sulfat karena diantara tiga variabel proses koagulan yang digunakan fero sulfat yang memberikan efek positif yang terbesar, hal ini bisa dilihat pada tabel 4.2 untuk parameter turbidity yaitu 4.05. nilai tersebut lebih besar dibandingkan koagulan alumunium sulfat dengan nilai 1.30 dan koagulan poly alumunium chloride dengan nilai 0.15. Demikian pula dengan flokulan yang digunakan, baik flokulan kationik maupun anionik keduanya memberikan efek positif tetapi dalam kondisi ini harus dipilih satu jenis flokulan karena flokulan kationik memberikan nilai yang lebih besar dibandingkan flokulan anionik maka flokulan kationik dipilih sebagai variabel yang akan digunakan pada penelitian lebih lanjut. Pada proses penentuan kondisi yang mendukung, faktor pH memberikan efek positif yang lebih besar dibandingkan pengadukan, seperti pada kondisi sebelumnya karena variabel pendukung proses hanya dipilih satu maka ditentukan variabel pH sebagai variabel proses yang akan digunakan pada penelitian lebih lanjut walaupun faktor pengadukan pun sebenarnya memberikan efek positif. Faktor pH memberikan efek positif

yang besar dikarenakan pada proses koagulasi flokulasi berlangsung pada pH tertentu sehingga pengkondisian pH sangat diperlukan untuk mengoptimalkan proses. Faktor pengadukan pun memberikan efek positif yang besar karena dengan pengadukan proses interaksi antara koagulan flokulan yang digunakan dengan air limbah dapat terhomogenisasi dengan cepat sehingga proses koagulasi flokulasi dapat berlangsung dengan cepat, tepat dan waktu yang lebih singkat.

Pada penelitian ini tidak dilakukan pengecekan muatan partikel-partikel koloid limbah cair sebelum diproses karena keterbatasan alat pengecekan muatan listrik tersebut seperti *zetameter*, tetapi dengan digunakannya flokulan atau koagulan aid kationik yang bersifat positif maka dapat diprediksikan bahwa muatan partikel-partikel koloid dalam limbah cair bermuatan negatif. Seperti pada penelitian penentuan variabel proses diatas pada tabel 4.2 dan 4.3, flokulan anionik juga memberikan efek yang positif sehingga bisa diprediksikan pada air limbah ini terkandung juga partikel-partikel koloid yang bermuatan positif, masing-masing muatan listrik tersebut memberikan suatu respon positif terhadap flokulan yang ditambahkan tapi karena partikel koloid yang bermuatan negatif lebih banyak maka respon positif lebih besar untuk flokulan kationik. Sifat partikel-partikel koloid air limbah yang negatif sebagian besar dihasilkan dari komponen-komponen anorganik seperti silica, besi, mangan dan lain-lain pada proses pencucian bahan baku jamu. Proses pencucian bahan baku jamu memberikan kontribusi air limbah terbesar dimana pada proses pencucian ini bahan baku yang diterima dibersihkan dari komponen-komponen pengotor yang sebagian besar merupakan komponen tanah yang mengandung besi, mangan, silica dan lain-lain..

4.3. Penelitian penentuan dosis optimum

Hasil dari penelitian pemilihan variabel proses sangat berperan dalam mendukung terlaksananya penelitian penentuan dosis optimum dari hasil penelitian pemilihan variabel proses diperoleh variabel proses yang paling banyak memberikan efek positif dalam proses koagulasi flokulasi yaitu koagulan fero sulfat, flokulan kationik dan variabel pH. Dalam penelitian penentuan dosis optimum ini percobaan difokuskan terhadap ketiga variabel tersebut dengan dosis dalam rentang batasan yang sama seperti yang dilakukan dilakukan pada penelitian pemilihan variabel proses hanya pada penelitian penentuan dosis optimum skala antara dosis maksimum dengan minimum

dibuat sedekat mungkin sehingga bisa penentuan dosis optimum pada percobaan ini dapat terfokuskan.

Dari hasil percobaan pemilihan variabel proses maka disusun variasi komposisi parameter untuk menentukan kondisi optimum proses koagulasi flokulasi terhadap air limbah PT. Sido Muncul seperti tersaji pada tabel 4.4. sebagai berikut :

Tabel 4.4. Rancangan penelitian penentuan dosis optimum

No	Variabel Percobaan	Satuan	Komposisi Variabel					
1.	Koagulan Fero sulfat	mg/l	75	100	125	150	175	200
2.	Flokulan Kationik	mg/l	2	3	4	5	-	-
3.	pH	300 mg/l NaOH	4	7	-	-	-	-
4.	Turbidity air limbah	FTU	213.0	193.3	-	-	-	-

Perlakuan yang diberikan meliputi kombinasi koagulan, flokulan dan pH. Penelitian ini dilakukan dengan cara seperti pada penelitian pemilihan variabel untuk tiga variabel proses dan dua sample air limbah organik yang berbeda kondisi awal turbiditinya yaitu 213.0 FTU dan 193.3 FTU. Penelitian penentuan dosis optimum ini dilakukan dua kali terhadap karakteristik air limbah yang berbeda untuk keakuratan data percobaan.

Penelitian penentuan dosis optimum yang dilakukan dengan variasi percobaan seperti tertampil pada tabel 4.4 diperoleh hasil bahwa % penurunan nilai turbidity terus meningkat seiring bertambahnya jumlah koagulan ferro sulfat dan flokulan kationik. Pada kondisi ini % penurunan turbidity terbesar diperoleh pada pH 7 yaitu berkisar antara 92.6% pada air limbah dengan turbidity awal 213.0 FTU sampai 92.7% pada air limbah dengan turbidity awal 193.3 FTU, hal ini dapat dilihat pada tabel 4.5 dan tabel 4.6 dibawah ini :

Tabel 4.5. Air limbah dengan turbidity 213 FTU diproses pada PH = 7, Koagulan Ferro sulfat 200 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
Flokulan Kationik		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
2	mg/l	213.0	22.8	190.2	89.3
3	mg/l	213.0	19.1	193.9	91.0
4	mg/l	213.0	17.7	195.3	91.7
5	mg/l	213.0	15.8	197.2	92.6

Tabel 4.6. Air limbah dengan turbidity 193.3 FTU diproses pada PH = 7, Koagulan Ferro sulfat 200 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
Flokulan Kationik		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
2	mg/l	193.3	20.4	172.9	89.5
3	mg/l	193.3	18.1	175.2	90.6
4	mg/l	193.3	15.6	177.7	92.0
5	mg/l	193.3	14.2	179.1	92.7

% penurunan nilai turbidity ini lebih besar dibandingkan dengan % penurunan nilai turbidity pada kondisi pada pH 4-5 yang berkisar antara 88.7% pada air limbah dengan turbidity awal 213.0 FTU sampai 91.2% pada air limbah dengan turbidity awal 193.3 FTU. Kondisi ini dapat dilihat pada tabel 4.7 dan tabel 4.8 dibawah ini :

Tabel 4.7. Air limbah dengan turbidity 213 FTU diproses pada PH = 4, Koagulan Ferro sulfat 200 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
Flokulan Kationik		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
2	mg/l	213.0	29.3	183.7	86.2
3	mg/l	213.0	27.9	185.1	86.9
4	mg/l	213.0	26.1	186.9	87.8
5	mg/l	213.0	24.0	189.0	88.7

Tabel 4.8. Air limbah dengan turbidity 193.3 FTU diproses pada PH = 4, Koagulan Ferro sulfat 200 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
Flokulan Kationik		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
2	mg/l	193.3	23.8	169.5	87.7
3	mg/l	193.3	21.9	171.4	88.7
4	mg/l	193.3	20.0	173.3	89.7
5	mg/l	193.3	17.1	176.2	91.2

Pada kondisi ini % penurunan nilai turbidity cenderung lebih besar pada kondisi pH 7 karena pada saat terjadi penambahan koagulan fero sulfat pada air limbah , koagulan fero sulfat bereaksi asam dengan partikel-partikel koloid dalam air limbah sehingga menurunkan pH air limbah di bawah pH pada saat terjadinya pencampuran antara koagulan dengan air limbah padahal koagulan fero sulfat akan bereaksi baik pada pH

antara 4.0 sampai 7.0 sehingga bila pada kondisi pencampuran pH dibawah 4.0 maka reaksi koagulasi ini akan berlangsung kurang optimal. Kurang optimalnya proses koagulasi flokulasi pada pH rendah menunjukkan bahwa koagulasi sangat dipengaruhi pH karena itu penambahan alkali seperti NaOH mutlak diperlukan untuk mempertahankan pH agar tetap berada dalam batas daerah yang baik untuk koagulasi[16]. Apabila garam besi seperti fero sulfat dipergunakan sebagai koagulan maka besi akan bereaksi dengan kandungan alkali yang terdapat didalam limbah membentuk besi hidroksida yang berpengaruh dalam proses koagulasi. Seperti halnya koagulan, flokulan juga flokulan kationik yang dipergunakan juga dipengaruhi oleh pH pada pH 7 flokulan ini bekerja optimal dalam menetralsir muatan listrik pada permukaan partikel-partikel koloid yang secara terus menerus akan membentuk flok yang kuat mengikat partikel-partikel koloid dalam air limbah. Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pada dosis koagulan fero sulfat yang terus meningkat dari 75 mg/l sampai 200 mg/l dengan kondisi flokulan yang sama terjadi % penurunan turbidity pun meningkat dan ini pun berlaku untuk jumlah koagulan yang sama tapi flokulan yang terus bertambah dari 2 mg/l sampai 5 mg/l, hal ini dapat dipahami sebab seiring bertambahnya koagulan dan flokulan yang ditambahkan kedalam air maka jumlah zat kimia yang mampu mereduksi muatan listrik pada permukaan partikel-partikel koloid bertambah juga sehingga membuat gaya tolak menolak antar partikel koloid air limbah akan melemah sehingga partikel akan berdekatan bergabung membentuk flok, kondisi ini akan mencapai kondisi optimum dimana penambahan koagulan dan flokulan tidak akan menimbulkan endapan tapi malah memecah endapan karena pada kondisi tersebut jumlah koagulan dan flokulan yang berlebih dapat menyebabkan terjadinya deflokulasi atau restabilisasi koloid karena adanya gaya tolak menolak antar muatan positif partikel.

Dari hasil percobaan diatas belum dapat disimpulkan kondisi optimum proses karena grafik % penurunan turbidity masih terus meningkat seiring penambahan dosis koagulan fero sulfat serta flokulan kationik, sehingga diperlukan suatu percobaan penentuan kondisi optimum lanjutan dengan dosis koagulan dan flokulan yang lebih tinggi untuk menentukan kondisi optimum.

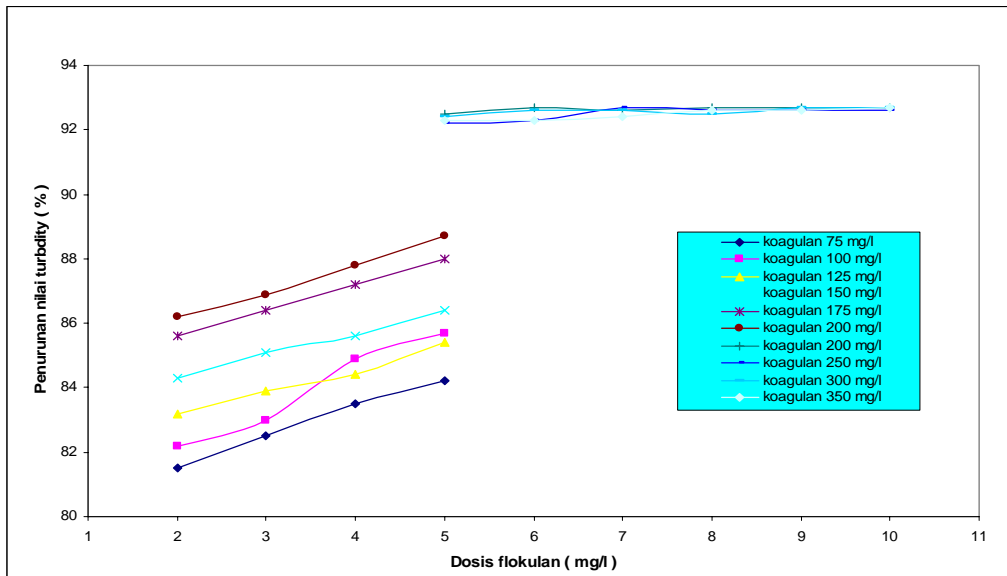
Pada penentuan kondisi optimum lanjutan dilakukan kombinasi komposisi variabel dengan dengan dosis koagulan dan flokulan yang lebih tinggi dari dosis pada

penelitian penentuan kondisi optimum sebelumnya dengan tujuan untuk menentukan kombinasi koagulan flokulan yang optimal dimana pada penentuan kondisi optimum sebelumnya belum didapat karena naiknya dosis penggunaan koagulan dan flokulan seiring naiknya % penurunan turbidity sehingga belum didapat kondisi yang stabil. Dosis yang digunakan untuk koagulan fero sulfat berkisar antara 200 mg/l sampai 350 mg/l dan dosis flokulan kationik Polyethylene-Imine berkisar antara 5 mg/l sampai 10 mg/l sedang untuk pH tidak perlu pengkondisian karena kondisi optimalnya sudah diperoleh pada penelitian sebelumnya yaitu proses koagulasi flokulasi memberikan % penurunan nilai turbidity terbesar pada pH 7. Rancangan penelitiannya tertampil pada tabel 4.9 di bawah ini :

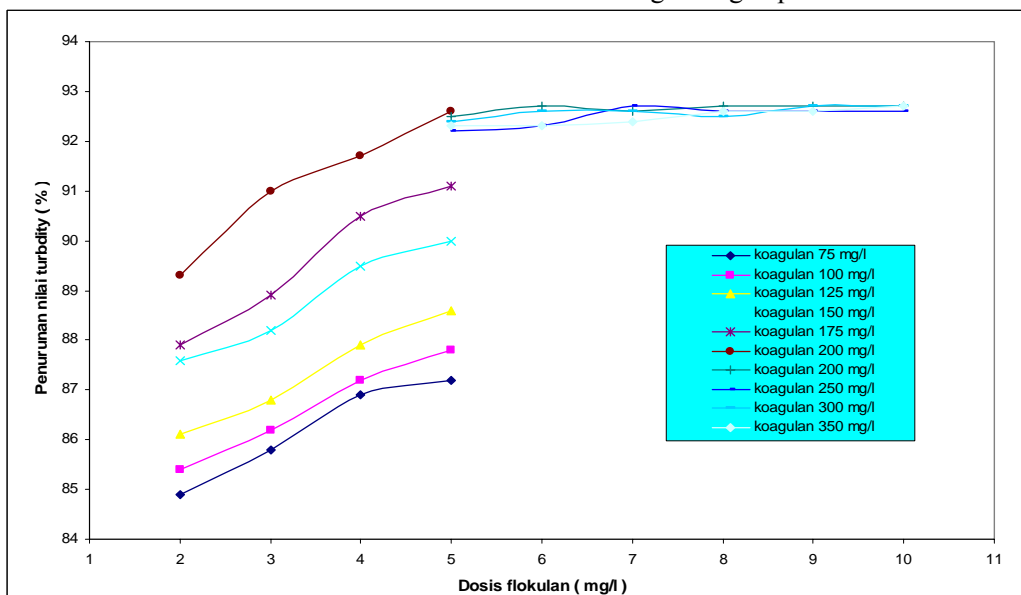
Tabel 4.9. Rancangan penelitian penentuan dosis optimum lanjutan

No	Variabel Percobaan	Satuan	Komposisi Variabel					
1.	Koagulan Ferro sulfat	mg/l	200	250	300	350	-	-
2.	Flokulan Kationik	mg/l	5	6	7	8	9	10
3.	pH	300 mg/l NaOH	7	-	-	-	-	-
4.	Turbidity air limbah	FTU	194.3	188.5	-	-	-	-

Dari percobaan yang dilakukan sesuai rancangan percobaan pada tabel 4.4 untuk dosis standar koagulan dan flokulan dan tabel 4.9 untuk dosis diatas standar diperoleh hasil seperti tertampil pada gambar 4.3 dan gambar 4.4 dibawah ini :



Gambar 4.3. Grafik hubungan antara variasi komposisi dosis flokulan dan koagulan terhadap % penurunan nilai turbidity dengan kondisi awal 213.0 FTU untuk flokulan 2-5mg/l dan kondisi awal 194.3 FTU untuk flokulan 5-10mg/l dengan pH 7



Gambar 4.4. Grafik hubungan antara variasi komposisi dosis flokulan dan koagulan terhadap % penurunan nilai turbidity dengan kondisi awal 193.3 FTU untuk flokulan 2-5mg/l dan dengan kondisi awal 188.5 FTU untuk flokulan 5-10mg/l dengan pH 7

Dari gambar 4.3 diatas dapat dilihat bahwa kondisi dimana dosis koagulan ferro sulfat 200 mg/l, dosis flokulan 5 mg/l pada PH = 7 grafik sudah mulai mendatar walaupun dilakukan penambahan dosis koagulan ferro sulfat sampai 350 mg/l, dosis flokulan kationik sampai 10 mg/l. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada penambahan dosis koagulan ferro sulfat diatas 200 mg/l dan dosis flokulan kationik diatas 5 mg/l tidak

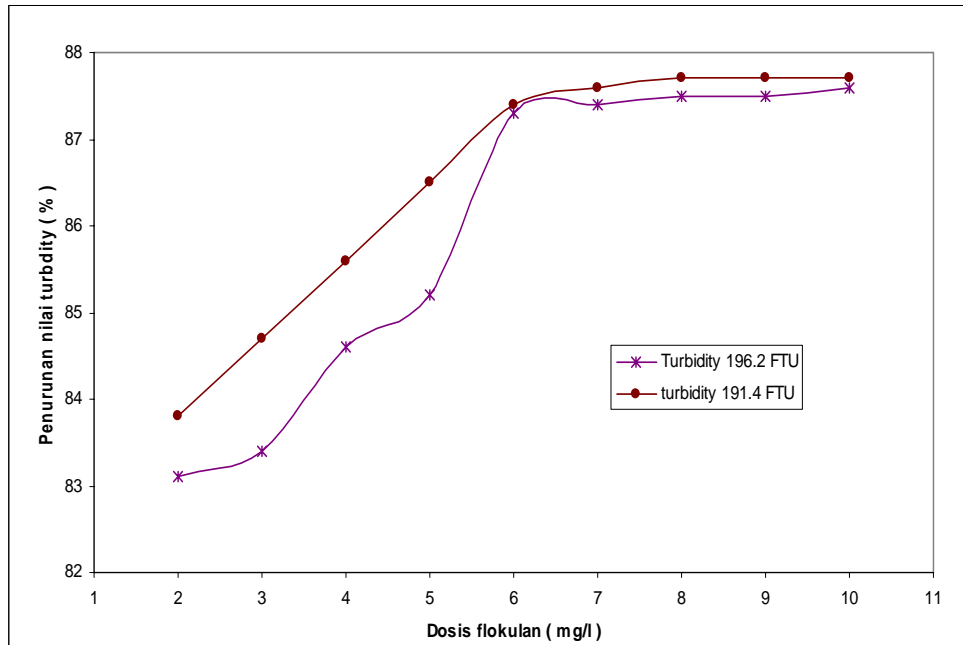
menunjukkan % penurunan turbidity yang signifikan, hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi dosis koagulan ferro sulfat 200 mg/l, dosis flokulan kationik 5 mg/l pada PH = 7 merupakan kondisi yang optimum pada kondisi tersebut % penurunan turbidity mencapai 92,7% seperti yang tertampil pada gambar 4.4 , kandungan air limbah organik dapat terendapkan hal ini ditunjukkan dengan % penurunan nilai turbidity yang sampai 92,7% dengan nilai turbidity 14.2 FTU. Pada kondisi ini dosis koagulan dan flokulan yang ditambahkan kedalam air limbah sudah sesuai sehingga mampu mereduksi muatan listrik pada permukaan partikel-partikel koloid air limbah sehingga membuat gaya tolak menolak antar partikel koloid air limbah akan melemah sehingga partikel akan berdekatan bergabung membentuk flok yang berukuran besar, kondisi ini telah mencapai kondisi optimum karena penambahan koagulan fero sulfat diatas 200 mg/l dan flokulan kationik diatas 5 mg/l tidak akan menimbulkan endapan hal ini ditunjukkan dengan % penurunan nilai turbidity yang tetap sekitar 92.7% dengan nilai turbidity 14.2 FTU. Penambahan dosis koagulan dan flokulan lebih lanjut tidak akan meningkatkan % penurunan nilai turbidity tapi malah memecah endapan karena pada kondisi tersebut jumlah koagulan dan flokulan yang berlebih dapat menyebabkan terjadinya deflokulasi atau restabilisasi koloid karena adanya gaya tolak menolak antar muatan positif partikel sehingga % penurunan nilai turbidity malah makin menurun karena flok-flok yang sudah terbentuk akan terpecah dan mengakibatkan kekeruhan dalam air limbah. Adapun penambahan dosis koagulan dan flokulan dinilai tidak ekonomis ditinjau dari segi % penurunan nilai turbidity yang tidak terlalu signifikan. Untuk menguji apakah kondisi tersebut merupakan kondisi yang optimum untuk dosis koagulan ferro sulfat dan dosis flokulan kationik maka dilakukan pengujian terhadap sampel air limbah organik dengan rancangan seperti pada tabel 4.10 sebagai berikut :

Tabel 4.10. Rancangan pengujian penelitian penentuan dosis optimum

No	Variabel Percobaan	Satuan	Komposisi Variabel	
1.	Koagulan Ferro sulfat	mg/l	100, 200, 300	
2.	Flokulan Kationik	mg/l	2 sampai 10	
3.	pH	+ 75 mg/l NaOH	7	
4.	Turbidity air limbah	FTU	196.2	191.4

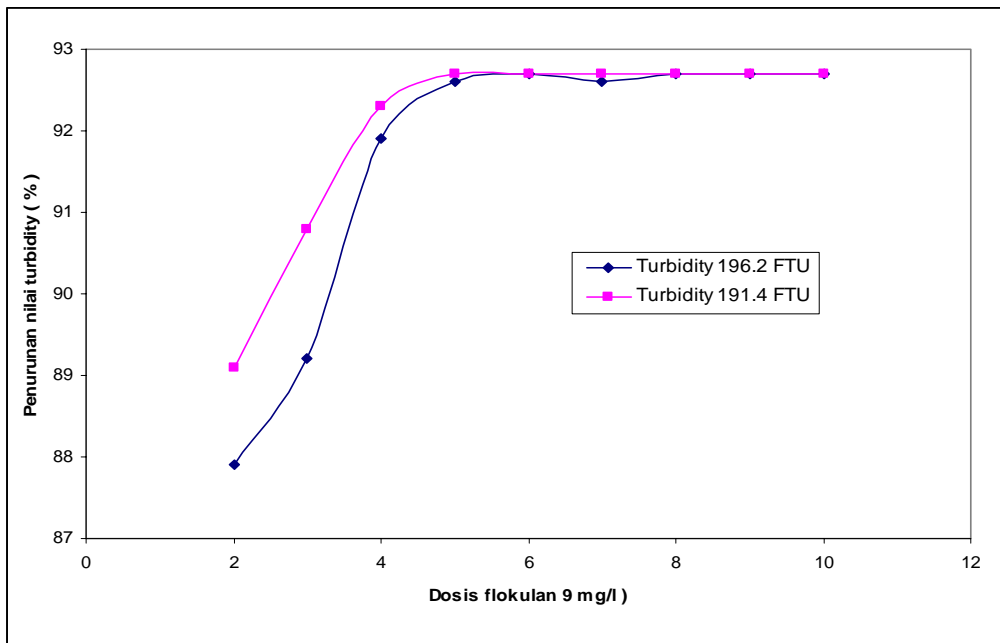
Pengujian penelitian penentuan dosis optimum ini dilakukan seperti penelitian-penelitian sebelumnya dengan variasi variabel proses koagulan ferro sulfat dengan dosis 100 mg/l, 200 mg/l dan 300 mg/l, pemilihan dosis ini dilakukan untuk menguji apakah dosis koagulan 200 mg/l merupakan kondisi optimum sehingga diambil dua dosis pembanding satu dibawah dosis 200 mg/l yaitu 100 mg/l dan satu diatas dosis 200 mg/l yaitu 300 mg/l. Pengujian dosis flokulan kationik 5 mg/l sebagai kondisi optimum pun dilakukan seperti halnya pengujian koagulan tapi dalam pengujian flokulan kationik ini dilakukan menyeluruh sehingga bisa ditampilkan kondisi dimana koagulan dan flokulan mencapai kondisi optimum.

Hasil dari pengujian untuk air limbah dengan kondisi turbidity awal 196.2 FTU dan 191.4 FTU dengan dosis koagulan fero sulfat 100 mg/l, variasi dosis flokulan kationik pada pH 7 tertampil pada gambar 4.5 dibawah ini :

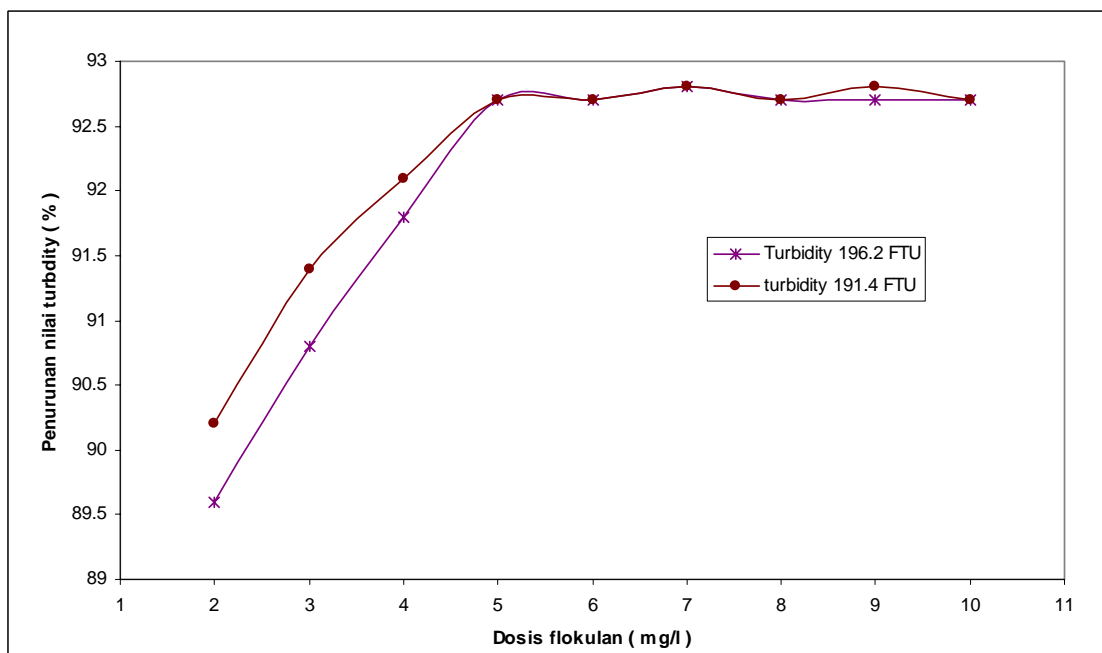


Gambar 4.5. Grafik hubungan antara variasi komposisi dosis flokulan terhadap % penurunan nilai turbidity dengan kondisi awal 196.2 FTU dan 191.4 FTU pada pH 7 dan koagulan fero sulfat 100 mg/l

Hasil dari pengujian untuk air limbah dengan kondisi turbidity awal 196.2 FTU dan 191.4 FTU dengan dosis koagulan fero sulfat 200 mg/l dan 300 mg/l, variasi dosis flokulan kationik pada pH 7 tertampil pada gambar 4.6 dan gambar 4.7 dibawah ini :



Gambar 4.6. Grafik hubungan antara variasi komposisi dosis flokulan terhadap % penurunan nilai turbidity dengan kondisi awal 196.2 FTU dan 191.4 FTU pada pH 7 dan koagulan fero sulfat 200 mg/l



Gambar 4.7. Grafik hubungan antara variasi komposisi dosis flokulan terhadap % penurunan nilai turbidity dengan kondisi awal 196.2 FTU dan 191.4 FTU pada pH 7 dan koagulan fero sulfat 300 mg/l

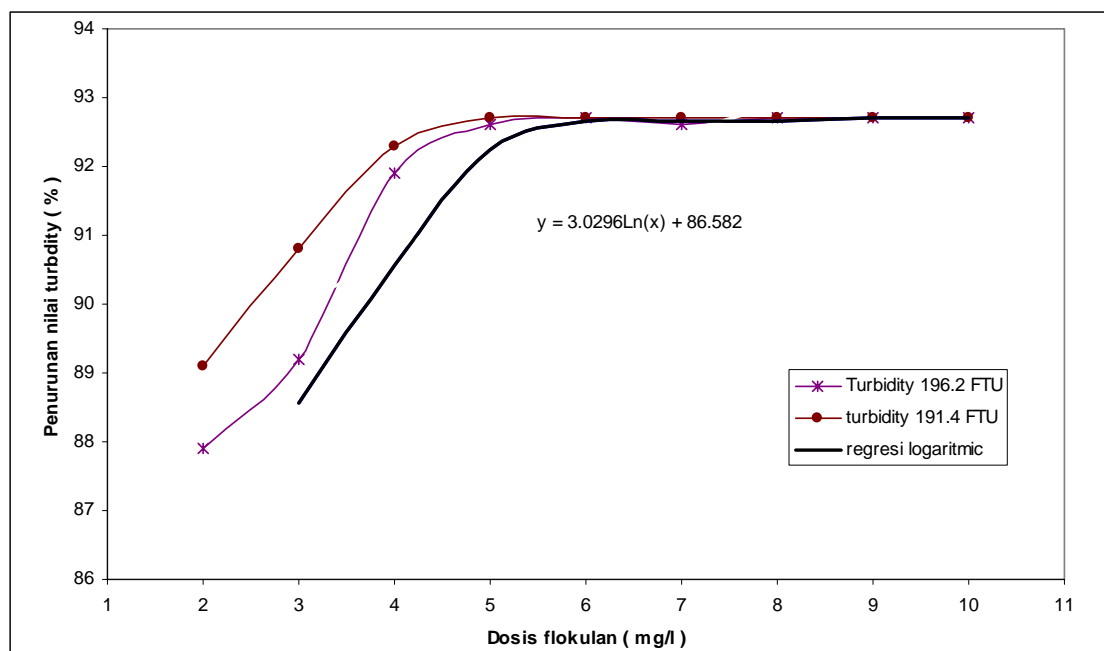
Dari gambar 4.5 terlihat bahwa proses koagulasi flokulasi mencapai kondisi optimum pada koagulan fero sulfat 100 mg/l dengan flokulan kationik 6 mg/l pada kondisi ini % penurunan turbidity mencapai 87.3-87.4%. Kondisi optimum yang dicapai masih dibawah 90% menunjukkan bahwa proses koagulasi flokulasi pada kondisi ini dapat ditingkatkan, pada kondisi koagulan fero sulfat yang digunakan 100 mg/l sehingga untuk menetralsir partikel-partikel koloid air limbah yang bermuatan negatif dengan naiknya dosis penggunaan flokulan kationik sampai 6 mg/l. Pada kondisi ini jumlah 6 mg/l flokulan kationik sudah dapat menetralsir kelebihan muatan negatif sehingga partikel-partikel koloid dapat diendapkan, pada penambahan dosis flokulan sampai 10 mg/l tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada % penurunan nilai turbidity. Pada gambar 4.5 terlihat bahwa % penurunan turbidity berkisar antara 87.6–87.7% atau terjadi kenaikan hanya 0.3%.

Pada gambar 4.6 terlihat bahwa proses koagulasi flokulasi mencapai kondisi optimum pada dosis koagulan fero sulfat 200 mg/l dengan flokulan kationik 5 mg/l pada kondisi ini % penurunan turbidity mencapai 92.7%. Pada penambahan dosis flokulan sampai 10 mg/l tidak menunjukkan perubahan pada % penurunan nilai turbidity. Dari gambar 27 sampai dosis flokulan kationik 10 mg/l % penurunan nilai turbidity tetap 92.7%, ini menunjukkan pada kondisi ini cenderung proses koagulasi flokulasi mencapai kondisi yang optimal. Pada kondisi ini semua partikel-partikel koloid yang bermuatan negatif dapat dinetralsir oleh muatan-muatan positif yang dibawa oleh kogulan dengan dosis 200 mg/l dan flokulan 5 mg/l sehingga pengendapan dapat berjalan optimal.

Pada gambar 4.7 terlihat bahwa proses koagulasi flokulasi mencapai kondisi optimum pada dosis koagulan fero sulfat 300 mg/l dengan flokulan kationik 5 mg/l pada kondisi ini % penurunan nilai turbidity mencapai 92.7%. Kondisi ini sama dengan yang dicapai pada kondisi koagulan fero sulfat 200 mg/l sehingga pada kondisi koagulan fero sulfat 300 mg/l dinilai tidak efisien karena dengan laju koagulasi flokulasi yang sama seperti ditunjukkan oleh koagulan 200 mg/l tapi diperlukan jumlah koagulan yang lebih banyak sehingga penggunaan dosis ini dinilai tidak ekonomis. Pada kondisi optimal semua muatan listrik yang dibawa oleh partikel-partikel koloid akan dinetralsir oleh muatan listrik yang dibawa oleh koagulan dan flokulan sehingga semua partikel koloid dapat diendapkan dalam bentuk flok, perlu diperhatikan bila dosis koagulan dan flokulan

yang digunakan berlebih maka akan terjadi adsorpsi berlebih oleh partikel koloid air limbah sehingga menyebabkan terjadinya deflokulasi atau restabilisasi karena kelebihan muatan ini menyebabkan partikel koloid jadi bermuatan listrik yang sejenis sehingga menimbulkan gaya tolak menolak yang membuat flok yang sebelumnya terbentuk pecah kembali.

Untuk penentuan model matematika maka dilakukan regresi terhadap gambar 4.6 yang merupakan kondisi optimum dimana pada kondisi ini dosis koagulan ferro sulfat 200 mg/l , flokulan kationik 5 mg/l pada PH = 7 tertampil pada gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8. Grafik regresi terhadap variasi komposisi dosis flokulan terhadap % penurunan nilai turbidity dengan kondisi awal 196.2 FTU dan 191.4 FTU pada pH 7 dan koagulan fero sulfat 200 mg/l

Dari gambar 4.8 diatas untuk dua sampel limbah dengan turbidity 196.2 FTU dan 191.4 FTU yang digunakan untuk pengujian penelitian penentuan dosis optimum proses koagulasi flokulasi, maka dilakukan regresi untuk grafik pada kondisi 196.2 FTU. Karena grafikna cenderung linier sehingga bersifat amsitotik maka regresi dilakukan secara logaritmik. Setelah dilakukan regresi secara logaritmik maka diperoleh persamaan $Y = 3.296 Ln(X) + 86.582$ dengan tingkat determinasi 80,18%, penggunaan model ini dapat diterima didasarkan pertimbangan bentuk grafik yang amsitotik, sehingga bentuk regresi logaritmik yang paling sesuai walaupun bila regresi dilakukan regresi secara

kuadratik menghasilkan nilai determinasi yang lebih tinggi yaitu 92,44% tetapi bentuk regresi yang cenderung menurun tidak mewakili kondisi grafik sebenarnya yang tidak menurun tapi cenderung mendatar pada dosis flokulan mulai 5 mg/l sampai 10 mg/l.

4.4. Efisiensi nilai ekonomi

Kondisi optimal proses koagulasi flokulasi ini pun ditunjukkan dengan menurunnya biaya operasional yang dikeluarkan PT. Sido Muncul untuk pengolahan air limbahnya setelah menggunakan koagulan fero sulfat dengan dosis 200 mg/l dan flokulan kationik Polyethylene-Imine 5 mg/l pada pH 7 dengan *hidroulic load* air limbah sekitar 130 m³ / hari, *flow time* sekitar 18 jam mulai dari jam 06.00 – 24.00 WIB ditampilkan pada tabel 4.11 dan tabel 4.12 sebagai berikut :

Tabel 4.11. Harga bahan kimia yang digunakan untuk injeksi kimia proses pengolahan air limbah setelah penelitian

No	Bahan	Satuan	Bentuk	Harga / satuan (Rp)	Dosis rata-rata (ppm)
1.	Koagulan fero sulfat	kg	Serbuk	3.500	200
2.	Flokulan kationik	kg	Serbuk	33.000	5
3.	NaOH	kg	Flake	5.000	75

Tabel 4.12. Biaya operasional pengolahan air limbah setelah penelitian

No	Kebutuhan bahan (kg/hari)	Biaya / hari (Rp. ,00)	Biaya / bulan / 21 hari kerja (Rp. ,00)
1.	26,000	91.000	1.911.000
2.	0,650	21.450	450.450
3.	9,750	48.750	1.023.750
	Total Biaya	161.200	3.385.200

Dari tabel 4.10 dan tabel 4.11 maka dapat dilihat bahwa biaya operasional untuk pengolahan air limbah PT. Sido Muncul dapat diturunkan dari Rp. 16.823.625,00/bulan menjadi Rp. 3.385.200,00/bulan atau penanganan dengan menggunakan koagulan fero sulfat berdosisi 200 mg/l, flokulan kationik 5 mg/l pada pH 7 dapat menurunkan biaya operasional pengolahan air limbah PT. Sido Muncul sampai Rp. 13.438.425,00 /bulan

atau bila dihitung dengan per m^3 air limbah yang diolah maka biaya yang diperlukan sekitar Rp. 26.040,0 / m^3 , sehingga penurunan biaya operasional untuk pengolahan air limbah ini sampai 79.88% suatu penurunan biaya operasional yang cukup signifikan. Penurunan biaya ini disebabkan oleh menurunnya dosis koagulan yang dipergunakan bila sebelumnya koagulan poly alumunium chloride dengan dosis 300 mg/l dengan menggunakan koagulan fero sulfat dosis dapat diturunkan menjadi 200 mg/l dari jumlah dosis dapat dihemat penggunaan koagulan sebanyak 100mg koagulan / liter air limbah, disamping harga koagulan fero sulfat Rp. 3.500,00/kg lebih murah dibandingkan koagulan poly alumunium chloride yang berharga Rp. 10.000,00/kg sehingga dapat dihemat biaya untuk pembelian koagulan sekitar Rp. 6.500,00/kg, sehingga secara total biaya yang dapat dihemat dengan penggantian koagulan dari poly alumunium chloride menjadi fero sulfat sebesar Rp. 6.279.000,00/bulan. Penurunan biaya ini pun disebabkan oleh menurunnya dosis pemakaian flokulan yang dipergunakan bila sebelumnya flokulan trimer 6784 dengan dosis 35 mg/l dengan menggunakan flokulan kationik Polyethylene-Imine dosis dapat diturunkan menjadi 5 mg/l dari jumlah dosis dapat dihemat penggunaan flokulan sebanyak 30 mg flokulan/liter air limbah, disamping harga flokulan kationik Polyethylene-Imine Rp. 33.000,00/kg lebih murah dibandingkan flokulan trimer 6784 yang berharga Rp. 67.500,00/kg sehingga dapat dihemat biaya untuk pembelian flokulan sekitar Rp. 34.500,00/kg, sehingga secara total biaya yang dapat dihemat dengan penggantian flokulan dari flokulan trimer 6784 menjadi flokulan kationik Polyethylene-Imine sebesar Rp. 5.999.175,00/bulan. Pada penggunaan senyawa basa untuk menaikkan pH air limbah sampai 7 supaya proses koagulasi flokulasi dapat berjalan optimal, penggunaan NaOH 98% menggantikan $Ca(OH)_2$ menunjukkan penghematan yang cukup signifikan pula ini bisa dilihat dari jumlah penggunaan NaOH yang hanya 75 ppm dibandingkan penggunaan $Ca(OH)_2$ yang sampai 200 ppm. Jumlah dosis dapat dihemat dengan penggunaan NaOH sebanyak 125 mg/liter air limbah, walaupun harga NaOH lebih mahal yaitu Rp. 5.000,00/kg lebih mahal dibandingkan $Ca(OH)_2$ yang berharga Rp. 4.000,00/kg namun bila dibandingkan dengan selisih penggunaan yang sampai 125 mg/liter air limbah sehingga penggunaan NaOH masih dinilai lebih ekonomis dibandingkan $Ca(OH)_2$ dengan biaya penghematan sebesar Rp. 1.160.250,00/bulan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa selama penyimpanan air limbah mengalami proses reduksi oleh mikroorganisme anaerob menjadi senyawa yang sederhana seperti CH_4 dan CO_2 . Proses ini akan terus berlanjut seiring waktu penyimpanan mengikuti persamaan matematika sederhana $Y = 377.56.X^{-0.22}$ untuk turbidity dan $Y = 1.3929.X^{-0.207}$ untuk absorbansi. Proses koagulasi dan flokulasi untuk air limbah industri jamu dalam hal ini studi kasus di PT. Sido Muncul Semarang dilakukan secara batch menggunakan jarrest. Dari penelitian pemilihan variabel proses diperoleh variabel proses yang memberikan efek positif terbesar yaitu koagulan ferro sulfat, flokulan kationik dan kondisi pH. Pada penelitian penentuan dosis optimum diperoleh dosis optimum untuk koagulan ferro sulfat adalah dosis 200 mg/l, flokulan kationik Polyethylene-Imine dengan dosis 5 mg/l pada pH = 7. Pada dosis ini baik koagulan ferro sulfat maupun flokulan kationik Polyethylene-Imine yang bersifat positif dapat membuat gaya tolak menolak antar partikel-partikel koloid air limbah yang bersifat negatif melemah sehingga partikel akan berdekatan bergabung membentuk flok yang mudah diendapkan, proses penggabungan partikel-partikel koloid ini dilakukan oleh gaya Van Der Waals. Pada kondisi optimum ini jumlah partikel koloid yang dapat diendapkan pada proses koagulasi flokulasi sebanyak 92,7% hal ini ditunjukkan oleh % penurunan nilai turbidity dengan nilai turbidity 14.0 FTU dan melalui regresi grafik diperoleh model matematika $Y = 3.296 \ln(X) + 86.582$, bentuk model matematika logaritmik ini sesuai dengan karakteristik grafik yang asimtotik. Dari penelitian ini biaya operasional untuk pengolahan air limbah PT. Sido Muncul dapat diturunkan dari Rp. 129.412,5 /m³ menjadi Rp. 26.040,0 /m³, sehingga penurunan biaya operasional untuk pengolahan air limbah industri jamu ini sampai 79.88%.

5.2. Saran

Untuk penelitian lebih lanjut sebaiknya digunakan zetameter sebagai salah satu indikasi untuk mengetahui muatan listrik air limbah industri jamu sebelum dilakukan proses lebih lanjut sehingga dapat meningkatkan ketepatan jumlah koagulan dan flokulan yang ditambahkan serta efek elektrostatis yang ditimbulkan pada partikel-partikel koloid air limbah. Pada penelitian ini belum dilakukan korelasi antara nilai turbidity terhadap nilai COD dan BOD, sehingga pada penelitian lanjut dapat dilakukan dengan parameter penurunan nilai COD dan BOD sehingga karakteristik air limbah dapat ditinjau secara kimiawi dan biologi.

Effluen air limbah setelah diolah telah memenuhi standar air buangan termasuk komponen-komponennya baik organik maupun anorganik dan secara organoleptik. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan pembahasan mengenai pemanfaatan air buangan dari hasil pengolahan ini menjadi sumber air bersih untuk air produksi, dimana pengolahannya bisa dilakukan secara kimia dengan penambahan desinfektan atau bahan kimia lainnya maupun secara fisika dengan sistem membran atau absorpsi menggunakan karbon aktif.

BAB VI

RINGKASAN

Air limbah industri jamu, farmasi, makanan dan minuman seperti PT. Sido Muncul mengandung zat-zat organik (*organic sludge*) selebihnya komponen komponen non organik yang tidak berbahaya, namun demikian air limbah tersebut mempunyai harga zat padat terlarut, zat padat tersuspensi, COD dan BOD yang melebihi baku mutu yang dikeluarkan pemerintah yaitu peraturan daerah no 10 tahun 2004 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri Jamu dan Farmasi di Propinsi Daerah Tingkat I Jawa Tengah, sehingga diperlukan langkah penanganan. Air limbah pada tahap aktivitas industri jamu seperti PT. Sido Muncul berasal dari beberapa unit usaha meliputi unit pembuatan jamu tradisional akan menghasilkan air limbah yang berasal dari pencucian bahan baku, pencucian peralatan proses produksi sedang pada industri makanan, air limbah berupa air cucian remah-remah, air cucian tangki produksi, cooling, filling dan beberapa proses pendukung lainnya. Air limbah PT. Sido Muncul mempunyai *hidroulic load* sekitar $130 \text{ m}^3 / \text{hari}$, flow time sekitar 18 jam mulai dari jam 06.00 – 24.00 WIB dengan *peak flow* $10 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan biaya operasional pengolahan air limbah yang diperlukan sekitar Rp. 129.412,5 / m^3 air limbah.

Tidak dicapainya suatu hasil yang optimal pada proses koagulasi flokulasi serta banyaknya jumlah koagulan flokulan sehingga biaya operasional pada IPAL cukup tinggi membuat penelitian ini penting untuk dilakukan. Penelitian ini dilakukan terbagi dalam dua tahap yaitu pemilihan variabel proses dan penentuan dosis optimum variabel proses. Pada pemilihan variabel proses dilakukan penapisan menggunakan rancangan taguchi untuk memperoleh tiga variabel proses yang paling berpengaruh terhadap proses koagulasi flokuasi yang selanjutnya digunakan untuk penentuan dosis optimum variabel proses kemudian dilakukan pengujian dosis optimum untuk air limbah. Penelitian dilakukan dengan parameter turbidity.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variabel proses koagulan ferro sulfat dosis 200 mg/l, flokulan katonik Polyethylene-Imine dosis 5 mg/l dan kondisi pH = 7 merupakan kondisi yang paling optimal, hal ini dilihat dari % penurunan nilai turbidity yang dihasilkan oleh variabel proses tersebut yang mencapai 92.7% dengan nilai turbidity 14.0 FTU. Biaya operasional untuk pengolahan air limbah PT. Sido Muncul dapat

diturunkan menjadi Rp. 26.040,0 /m³, sehingga penurunan biaya operasional untuk pengolahan air limbah ini sampai 79.88%. Pada kondisi optimum ini dosis koagulan fero sulfat dan flokulan kationik Polyethylene-Imine mampu menetralsir muatan listrik negatif pada permukaan partikel-partikel koloid air limbah sehingga membuat gaya tolak menolak antar partikel koloid air limbah akan melemah sehingga partikel akan berdekatan bergabung membentuk flok. Penambahan koagulan dan flokulan lebih lanjut dapat memecah endapan karena pada kondisi tersebut muatan listrik positif yang dibawa oleh koagulan dan flokulan yang berlebih dapat menyebabkan terjadinya deflokulasi atau restabilisasi koloid karena adanya gaya tolak menolak antar muatan positif partikel.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim. 2002. Peraturan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Semarang Tahun 2002. Pemerintah Daerah Kabupaten Semarang.
2. Chafed Fandeli, 1992. Analisis Mengenai Dampak Lingkungan. Gajah Mada University Prees. Yogyakarta.
3. Anonymous, 1998. Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan, Kantor Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Jakarta.
4. Anonymous, 1991. Himpunan Peraturan Bidang Lingkungan Hidup 1988-1990. Biro Bina Kependudukan dan Lingkungan Hidup Sekretariat Wilayah Daerah Tingkat I Propinsi Jawa Tengah, Semarang.
5. Fandeli, Chafid. 1995. Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Prinsip Dasar dan Pemapannya dalam Pembangunan. Liberty, Yogyakarta
6. Suratmo, Gunawan F, 1992, Analisis Mengenai Dampak Lingkungan, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
7. Eckenfelder Jr, W. Wesley. 2000. *Industrial Water Pollution Control 3th ed.* Singapore: Mc Graw Hill Book Co.
8. PT. Sido Muncul, Juni 2004, Dokumen UPL dan UKL PT. Sido Muncul, Semarang.
9. Sutrisno T., dkk, 1991. Teknologi Penyediaan Air Bersih, Jakarta : Rineka Cipta.
10. Reynolds, Tom D. 1982. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering. Belmont, California: Wadsworth, Inc.
11. Kawamura, Susumu. 1991. *Integrated Design of Water Treatment Facilities.* USA: John Wiley&Sons, Inc.
12. Fuad Amsyari. 1977. Prinsip-prinsip Masalah Pencemaran Lingkungan. Galia Indonesia.
13. Sumarwoto, Otto, 1991. Analisis Dampak Lingkungan. Gajah Mada University Prees. Yogyakarta.
14. Anonymous, 1984. Prediction in EIA, Environmental Resource Limited, London

15. Pusteklim, 5 - 10 Februari 2007. Pelatihan Teknologi Tepat Guna Pengolahan Air limbah, Yogyakarta.
16. Tchobanoglous, George and Franklin L. Burton. 1991. *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse 3th ed.* Singapore: Mc Graw Hill Book Co.
17. Masrun, 1987. Ilmu Kimia Lingkungan I, Diktat Kuliah FMIPA Kimia ITB – Bandung.
18. Wardhana, Wisnu Arya. 2001. Dampak Pencemaran Lingkungan. Yogyakarta : Andi Offset Yogyakarta.
19. Odum, E.P. 1996. Dasar – Dasar Ekologi. Yogyakarta : Gadjah Mada University Pres.
20. Soegiyanto, A. 1994. Ekologi Kuantitatif. Surabaya, Usaha Nasional.
21. Rau J.G,Wooten DC.1980. Environmental Impact Analysis Handbook. Graw Hill Book Company, New York.
22. Russel, W B.;Saville, D A.; Schowalter, W R, 1989. Colloidal Dispersions. Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press.
23. Purwanto, 2005, Pemodelan Rekayasa Proses dan Lingkungan, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
24. Van Haandel, A.C.Lettinga, 1994. Anaerobik sewage treatment. John Wiley and son, New York.
25. Tawfik.A, Klapwijk, El-Gohary, F.Lettinga, 2002. Treatment of anaerobically pre treated sewage in a RBC. Water Res
26. Nugraha, B. A. 1995. Kajian Awal Kemampuan Sludge Untuk Mendegradasi Melanoidin Secara Anaerobik. *Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian IPB*, Bogor.
27. Bhaskar Sen Gupta.Jbilant E Ako, 2005.Application of guar gum as flocculant aid in food processing and potable water treatment. Original paper.
28. Wulandari, Musis Nur. 2005. Studi optimasi kombinasi recovered alum dan tawas asli sebagai bahan koagulan pada proses koagulasi flokulasi IPAM Ngagel III Surabaya. Undergraduate Theeses dari JIPTITS. Surabaya.

LAMPIRAN I

CARA KERJA ALAT
JARTEST DAN TURBIDITYMETER

CARA KERJA JARTEST

1. Sediakan 4 beaker glass berkapasitas masing-masing 1.000 ml
2. Isi beaker glass dengan air sampel masing-masing 600 ml
3. Hidupkan alat JARTEST selama 30 detik
4. Tambahkan koagulan Alumunium Sulfat, Fero Sulfat dan Poly Alumunium Chloride pada masing-masing gelas dengan dosis yang telah ditentukan.
5. Lakukan pengadukan cepat 140 rpm selama 1 menit
6. Kurang kecepatan menjadi 40 rpm
7. Tambahkan flokulan anionik Polyacrylic acid dan flokulan kationik Polyethylene-Imine pada masing-masing gelas dengan dosis yang telah ditentukan.
8. Lanjutkan dengan pengadukan pada kecepatan 40 rpm selama 10 menit
9. Setelah pengadukan selesai biarkan selama 15 menit
10. Amati flok dan ukur nilai turbiditynya
11. Tentukan hasil terbaik

**CARA KERJA TURBIDITY METER
MERK HANNA DENGAN TYPE HI 93703**

1. Nyalakan turbidity meter dengan menekan tombol " on " pada alat
2. Pada display akan tertampil angka 88.88 yang menunjukkan alat sedang dalam proses pemrograman. Setelah pemrograman tercapai LCD akan berubah ke model pengukuran
3. Ketika LCD menampilkan " - - - - - " alat sudah siap digunakan untuk mengukur turbidity sampel.
4. Masukkan sampel air yang akan diukur turbiditinya kedalam cuvet bersih dengan ketinggian sekitar 1.5 inchi (ada batasnya pada cuvet) dan tutup dengan tutup cuvet yang telah disediakan.
5. Bersihkan dinding cuvet dengan tissue sebelum dimasukkan ke dalam turbidity meter cell. Cuvet harus benar-benar bersih dari bekas jari tangan, lemak atau pengotor lainnya karena akan menurangi keakuratan pembacaan turbidity meter.
6. Masukkan cuvet kedalam turbidity meter dan pastikan sudah dalam kedudukan yang tepat.
7. Tekan tombol " Read " dan LCD akan menampilkan " S I P " (sampling in process).
8. Nilai turbidity sampel air yang diukur akan tertampil 25 detik kemudian dalam satuan FTU (Formazine Turbidity Unit).

LAMPIRAN II

Sampel limbah cair yang diambil dari PT. Sido Muncul

No	Tanggal Pengambilan Sampel	Jumlah (liter)	Karakteristik	
			Turbidity (FTU)	Absorbansi (nm)
1.	13 Nopember 2006	44	213.8	0.82
2.	21 Nopember 2006	44	187.0	0.77
3.	30 Nopember 2006	44	194.3	0.83
4.	01 Desember 2006	44	188.5	0.79
5.	04 Desember 2006	44	196.2	0.84
6.	06 Desember 2006	44	191.4	0.81

LAMPIRAN III

HASIL PENELITIAN
TAHAP PEMILIHAN VARIABEL PROSES

Matriks Rancangan Taguchi

No	Koagulan			Flokulan		pH	Mixing	Indikasi	
	Fero Sulfat	Alumunium Sulfat	PAC	Anionik	Kationik			% Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Absorbansi
1	-	-	-	-	-	-	-	y ₁	x ₁
2	-	-	-	+	+	+	+	y ₂	x ₂
3	-	+	+	-	-	+	+	y ₃	x ₃
4	-	+	+	+	+	-	-	y ₄	x ₄
5	+	-	+	-	+	-	+	y ₅	x ₅
6	+	-	+	+	-	+	-	y ₆	x ₆
7	+	+	-	-	+	+	-	y ₇	x ₇
8	+	+	-	+	-	-	+	y ₈	x ₈

Menentukan Efek Variabel Terhadap % Penurunan Nilai Absorbansi :

$$\text{Efek Variabel K. Ferro Sulfat} = [(y_5 + y_6 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)]/4$$

$$\text{Efek Variabel K. Alumunium Sulfat} = [(y_3 + y_4 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_5 + y_6)]/4$$

$$\text{Efek Variabel K. PAC} = [(y_3 + y_4 + y_5 + y_6) - (y_1 + y_2 + y_7 + y_8)]/4$$

$$\text{Efek Variabel F. Anonik} = [(y_2 + y_4 + y_6 + y_8) - (y_1 + y_3 + y_5 + y_7)]/4$$

$$\text{Efek Variabel F. Kationik} = [(y_2 + y_4 + y_5 + y_7) - (y_1 + y_3 + y_6 + y_8)]/4$$

$$\text{Efek Variabel pH} = [(y_2 + y_3 + y_6 + y_7) - (y_1 + y_4 + y_5 + y_8)]/4$$

$$\text{Efek Variabel Pengadukan (Mixing)} = [(y_2 + y_3 + y_5 + y_8) - (y_1 + y_4 + y_6 + y_7)]/4$$

Menentukan Efek Variabel Terhadap % Penurunan Nilai Turbidity :

$$\text{Efek Variabel K. Ferro Sulfat} = [(x_5 + x_6 + x_7 + x_8) - (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)]/4$$

$$\text{Efek Variabel K. Alumunium Sulfat} = [(x_3 + x_4 + x_7 + x_8) - (x_1 + x_2 + x_5 + x_6)]/4$$

$$\text{Efek Variabel K. PAC} = [(x_3 + x_4 + x_5 + x_6) - (x_1 + x_2 + x_7 + x_8)]/4$$

$$\text{Efek Variabel F. Anonik} = [(x_2 + x_4 + x_6 + x_8) - (x_1 + x_3 + x_5 + x_7)]/4$$

$$\text{Efek Variabel F. Kationik} = [(x_2 + x_4 + x_5 + x_7) - (x_1 + x_3 + x_6 + x_8)]/4$$

$$\text{Efek Variabel pH} = [(x_2 + x_3 + x_6 + x_7) - (x_1 + x_4 + x_5 + x_8)]/4$$

$$\text{Efek Variabel Pengadukan (Mixing)} = [(x_2 + x_3 + x_5 + x_8) - (x_1 + x_4 + x_6 + x_7)]/4$$

Tahap Pemilihan Variabel Proses

1.A. Hasil Pengukuran dan penapisan dengan Matriks Rancangan Taguchi

Untuk sampel 1 tertanggal 13 Nopember 2006 Turbidity 213.8 FTU dan Absorbansi 0.82

Pelaksanaan percobaan tanggal 13 Nopember sampai 17 Nopember 2006

Penelitian dilakukan pada tanggal 13 Nopember 2006

Hasil Pengukuran Absorbansi Terhadap Treatment

Treatment	Nilai Absorbansi Sebelum Treatment	Nilai Absorbansi Setelah Treatment	Selisih Penurunan Nilai Absorbansi	% Penurunan Nilai Absorbansi
x ₁	0,82	0,29	0,53	64,6
x ₂	0,82	0,16	0,66	80,5
x ₃	0,82	0,22	0,60	73,2
x ₄	0,82	0,20	0,62	75,6
x ₅	0,82	0,16	0,66	80,5
x ₆	0,82	0,19	0,63	76,8
x ₇	0,82	0,13	0,69	84,1
x ₈	0,82	0,18	0,64	78,1

Menentukan Efek Variabel terhadap absorbansi :

Efek Variabel K. Fero Sulfat = $[(y_5 + y_6 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)]/4$

$[(80.5 + 76.8 + 84.1 + 78.1) - (64.6 + 80.5 + 73.2 + 75.6)] / 4$

$= [319.5 - 293.9] / 4 = 25.6 / 4 = \mathbf{6.40}$

Efek Variabel K. Alumunium Sulfat = $[(y_3 + y_4 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_5 + y_6)]/4$

$[(73.2 + 75.6 + 84.1 + 78.1) - (64.6 + 80.5 + 80.5 + 76.8)] / 4$

$= [311 - 302.4] / 4 = 8.6 / 4 = \mathbf{2.15}$

Efek Variabel K. PAC = $[(y_3 + y_4 + y_5 + y_6) - (y_1 + y_2 + y_7 + y_8)]/4$

$[(73.2 + 75.6 + 80.5 + 76.8) - (64.6 + 80.5 + 84.1 + 78.1)] / 4$

$= [306.1 - 307.3] / 4 = -1.2 / 4 = \mathbf{-0.30}$

Efek Variabel F. Anonik = $[(y_2 + y_4 + y_6 + y_8) - (y_1 + y_3 + y_5 + y_7)]/4$

$[(80.5 + 75.6 + 76.8 + 78.1) - (64.6 + 73.2 + 80.5 + 84.1)] / 4$

$= [311 - 302.4] / 4 = 8.6 / 4 = \mathbf{2.15}$

Efek Variabel F. Kationik = $[(y_2 + y_4 + y_5 + y_7) - (y_1 + y_3 + y_6 + y_8)]/4$

$[(80.5 + 75.6 + 80.5 + 84.1) - (64.6 + 73.2 + 76.8 + 78.1)] / 4$

$= [320.7 - 292.7] / 4 = 28 / 4 = \mathbf{7.00}$

Efek Variabel pH = $[(y_2 + y_3 + y_6 + y_7) - (y_1 + y_4 + y_5 + y_8)]/4$

$[(80.5 + 73.2 + 76.8 + 84.1) - (64.6 + 75.6 + 80.5 + 78.1)] / 4$

$= [314.1 - 298.8] / 4 = 15.8 / 4 = \mathbf{3.95}$

Efek Variabel Pengadukan (Mixing) = $[(y_2 + y_3 + y_5 + y_8) - (y_1 + y_4 + y_6 + y_7)]/4$

$[(80.5 + 73.2 + 80.5 + 78.1) - (64.6 + 75.6 + 76.8 + 84.1)] / 4$

$= [312.3 - 301.1] / 4 = 11.2 / 4 = \mathbf{2.80}$

1.B. Hasil Pengukuran Turbidity Terhadap Treatment

Untuk sampel 1 tertanggal 13 Nopember 2006 Turbidity 213.8 FTU dan Absorbansi 0.82

Pelaksanaan percobaan tanggal 13 Nopember sampai 17 Nopember 2006

Penelitian dilakukan pada tanggal 13 Nopember 2006

Treatment	Nilai Turbidity Sebelum Treatment	Nilai Turbidity Setelah Treatment	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
y ₁	213.8	38.9	174.9	81.8
y ₂	213.8	19.9	193.9	90.7
y ₃	213.8	27.8	186.0	87.0
y ₄	213.8	24,8	189.0	88.4
y ₅	213.8	18,5	195.3	91.2
y ₆	213.8	22,1	191.7	89.7
y ₇	213.8	15,9	197.9	92.6
y ₈	213.8	20,1	193.7	90.6

Menentukan Efek Variabel terhadap turbidity :

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel K. Fero Sulfat} &= [(y_5 + y_6 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)]/4 \\ &= [(91.2 + 89.7 + 92.6 + 90.6) - (81.8 + 90.7 + 87.0 + 88.4)] / 4 \\ &= [364.1 - 347.9] / 4 = 16.2 / 4 = \mathbf{4.05} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel K. Alumunium Sulfat} &= [(y_3 + y_4 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_5 + y_6)]/4 \\ &= [(87.0 + 88.4 + 92.6 + 90.6) - (81.8 + 90.7 + 91.2 + 89.7)] / 4 \\ &= [358.6 - 353.4] / 4 = 5.2 / 4 = \mathbf{1.30} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel K. PAC} &= [(y_3 + y_4 + y_5 + y_6) - (y_1 + y_2 + y_7 + y_8)]/4 \\ &= [(87.0 + 88.4 + 91.2 + 89.7) - (81.8 + 90.7 + 92.6 + 90.6)] / 4 \\ &= [356.3 - 355.7] / 4 = 0.6 / 4 = \mathbf{0.15} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel F. Anonik} &= [(y_2 + y_4 + y_6 + y_8) - (y_1 + y_3 + y_5 + y_7)]/4 \\ &= [(90.7 + 88.4 + 89.7 + 90.6) - (81.8 + 87.0 + 91.2 + 92.6)] / 4 \\ &= [359.4 - 352.6] / 4 = 6.8 / 4 = \mathbf{1.70} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel F. Kationik} &= [(y_2 + y_4 + y_5 + y_7) - (y_1 + y_3 + y_6 + y_8)]/4 \\ &= [(90.7 + 88.4 + 91.2 + 92.6) - (81.8 + 87.0 + 89.7 + 90.6)] / 4 \\ &= [362.9 - 349.1] / 4 = 13.8 / 4 = \mathbf{3.45} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel pH} &= [(y_2 + y_3 + y_6 + y_7) - (y_1 + y_4 + y_5 + y_8)]/4 \\ &= [(90.7 + 87.0 + 89.7 + 92.6) - (81.8 + 88.4 + 91.2 + 90.6)] / 4 \\ &= [360.0 - 352.0] / 4 = 8.0 / 4 = \mathbf{2.00} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel Pengadukan (Mixing)} &= [(y_2 + y_3 + y_5 + y_8) - (y_1 + y_4 + y_6 + y_7)]/4 \\ &= [(90.7 + 87.0 + 91.2 + 90.6) - (81.8 + 88.4 + 89.7 + 92.6)] / 4 \\ &= [359.5 - 352.5] / 4 = 7 / 4 = \mathbf{1.75} \end{aligned}$$

Data dari dua uji coba diatas untuk persen penurunan nilai absorbansi dan persen penurunan nilai turbidity diperoleh tabel sebagai berikut :

Variabel	Nilai Efek Variabel Terhadap Absorbansi	Nilai Efek Variabel Terhadap Turbidity
K. Ferro Sulfat	6.40	4.05
K. Alumunium Sulfat	2.15	1.30
K. Poly Alumunium Chloride	-0.30	0.15
F. Anionik, Polyacrylic Acid	2.15	1.70
F. Kationik, Polyethylene-Imine	7.00	3.45
pH (Penambahan NaOH 75 ppm)	3.95	2.00
Pengadukan (Mixing)	2.80	1.75

Dari tabel diatas maka variabel yang mempunyai efek positif besar terhadap pengendapan larutan dalam limbah cair PT. Sido Muncul adalah :

- 4. Koagulan Ferro sulfat**
- 5. Flokulan Kationik**
- 6. Variabel pH**

Berdasarkan hasil penapisan variabel untuk penelitian optimalisasi proses koagulasi flokulasi untuk pengolahan limbah cair organik industri jamu (studi kasus PT. Sido Muncul Semarang) lebih lanjut dipilih sebagai variabel adalah koagulan Ferro Sulfat dengan konsentrasi 75 mg/l sampai 200 mg/l, Flokulan Kationik dengan konsentrasi 2 mg/l sampai 5 mg/l dan variabel pH mulai dari tanpa pengolahan (pH = 4 -5) sampai dengan penambahan 75 mg/l NaOH(pH = 7).

2.A. Hasil Pengukuran dan penapisan dengan Matriks Rancangan Taguchi

Untuk sampel 1 tertanggal 15 Nopember 2006 Turbidity 208.7 FTU dan Absorbansi 0.79

Pelaksanaan percobaan tanggal 13 Nopember sampai 17 Nopember 2006

Penelitian dilakukan pada tanggal 15 Nopember 2006

Hasil Pengukuran Absorbansi Terhadap Treatment

Treatment	Nilai Absorbansi Sebelum Treatment	Nilai Absorbansi Setelah Treatment	Selisih Penurunan Nilai Absorbansi	% Penurunan Nilai Absorbansi
x ₁	0,79	0,27	0,52	65.8
x ₂	0,79	0,15	0,64	80.5
x ₃	0,79	0,21	0,58	73,4
x ₄	0,79	0,19	0,60	75.9
x ₅	0,79	0,15	0,64	81.0
x ₆	0,79	0,18	0,61	77.2
x ₇	0,79	0,12	0,67	84,8
x ₈	0,79	0,17	0,62	78,5

Menentukan Efek Variabel terhadap absorbansi :

Efek Variabel K. Fero Sulfat = $[(y_5 + y_6 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)]/4$

$[(81.0 + 77.2 + 84.8 + 78.5) - (65.8 + 80.5 + 73.4 + 75.9)] / 4$

$= [321.5 - 295.6] / 4 = 25.9 / 4 = \mathbf{6.475}$

Efek Variabel K. Aluminium Sulfat = $[(y_3 + y_4 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_5 + y_6)]/4$

$[(73.4 + 75.9 + 84.8 + 78.5) - (65.8 + 80.5 + 81.0 + 77.2)] / 4$

$= [312.6 - 304.5] / 4 = 8.1 / 4 = \mathbf{2.025}$

Efek Variabel K. PAC = $[(y_3 + y_4 + y_5 + y_6) - (y_1 + y_2 + y_7 + y_8)]/4$

$[(73.4 + 75.9 + 81.0 + 77.2) - (65.8 + 80.5 + 84.8 + 78.5)] / 4$

$= [307.5 - 309.6] / 4 = -2.1 / 4 = \mathbf{-0.525}$

Efek Variabel F. Anonik = $[(y_2 + y_4 + y_6 + y_8) - (y_1 + y_3 + y_5 + y_7)]/4$

$[(80.5 + 75.9 + 77.2 + 78.5) - (65.8 + 73.4 + 81.0 + 84.8)] / 4$

$= [312.1 - 305.0] / 4 = 7.1 / 4 = \mathbf{1.775}$

Efek Variabel F. Kationik = $[(y_2 + y_4 + y_5 + y_7) - (y_1 + y_3 + y_6 + y_8)]/4$

$[(80.5 + 75.9 + 81.0 + 84.8) - (65.8 + 73.4 + 77.2 + 78.5)] / 4$

$= [322.2 - 294.9] / 4 = 27.3 / 4 = \mathbf{6.825}$

Efek Variabel pH = $[(y_2 + y_3 + y_6 + y_7) - (y_1 + y_4 + y_5 + y_8)]/4$

$[(80.5 + 73.4 + 77.2 + 84.8) - (65.8 + 75.9 + 81.0 + 78.5)] / 4$

$= [315.9 - 301.2] / 4 = 14.7 / 4 = \mathbf{3.675}$

Efek Variabel Pengadukan (Mixing) = $[(y_2 + y_3 + y_5 + y_8) - (y_1 + y_4 + y_6 + y_7)]/4$

$[(80.5 + 73.4 + 81.0 + 78.5) - (65.8 + 75.9 + 77.2 + 84.8)] / 4$

$= [313.4 - 303.7] / 4 = 9.7 / 4 = \mathbf{2.425}$

2.B. Hasil Pengukuran Turbidity Terhadap Treatment

Untuk sampel 1 tertanggal 15 Nopember 2006 Turbidity 208.7 FTU dan Absorbansi 0.79
Pelaksanaan percobaan tanggal 13 Nopember sampai 17 Nopember 2006
Penelitian dilakukan pada tanggal 15 Nopember 2006

Treatment	Nilai Turbidity Sebelum Treatment	Nilai Turbidity Setelah Treatment	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
y ₁	208.7	37.7	171.1	81.9
y ₂	208.7	18.8	189.9	91.0
y ₃	208.7	26.6	182.1	87.3
y ₄	208.7	23.1	185.6	88.9
y ₅	208.7	17.9	190.8	91.4
y ₆	208.7	20.6	188.1	90.1
y ₇	208.7	14.6	194.1	93.0
y ₈	208.7	19.8	188.9	90.5

Menentukan Efek Variabel Terhadap Turbidity :

Efek Variabel K. Fero Sulfat = $[(y_5 + y_6 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)] / 4$
 $[(91.4 + 90.1 + 93.0 + 90.5) - (81.9 + 91.0 + 87.3 + 88.9)] / 4$
 $= [365.0 - 349.1] / 4 = 15.9 / 4 = \mathbf{3.975}$

Efek Variabel K. Alumunium Sulfat = $[(y_3 + y_4 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_5 + y_6)] / 4$
 $[(87.3 + 88.9 + 93.0 + 90.5) - (81.9 + 91.0 + 91.4 + 90.1)] / 4$
 $= [359.7 - 354.4] / 4 = 5.3 / 4 = \mathbf{1.325}$

Efek Variabel K. PAC = $[(y_3 + y_4 + y_5 + y_6) - (y_1 + y_2 + y_7 + y_8)] / 4$
 $[(87.3 + 88.9 + 91.4 + 90.1) - (81.9 + 91.0 + 93.0 + 90.5)] / 4$
 $= [357.7 - 354.6] / 4 = 3.1 / 4 = \mathbf{0.775}$

Efek Variabel F. Anonik = $[(y_2 + y_4 + y_6 + y_8) - (y_1 + y_3 + y_5 + y_7)] / 4$
 $[(91.0 + 88.9 + 90.1 + 90.5) - (81.9 + 87.3 + 91.4 + 93.0)] / 4$
 $= [360.5 - 353.6] / 4 = 6.9 / 4 = \mathbf{1.725}$

Efek Variabel F. Kationik = $[(y_2 + y_4 + y_5 + y_7) - (y_1 + y_3 + y_6 + y_8)] / 4$
 $[(91.0 + 88.9 + 91.4 + 93.0) - (81.9 + 87.3 + 90.1 + 90.5)] / 4$
 $= [364.3 - 349.8] / 4 = 14.5 / 4 = \mathbf{3.625}$

Efek Variabel pH = $[(y_2 + y_3 + y_6 + y_7) - (y_1 + y_4 + y_5 + y_8)] / 4$
 $[(91.0 + 87.3 + 90.1 + 93.0) - (81.9 + 88.9 + 91.4 + 90.5)] / 4$
 $= [361.4 - 352.7] / 4 = 8.7 / 4 = \mathbf{2.175}$

Efek Variabel Pengadukan (Mixing) = $[(y_2 + y_3 + y_5 + y_8) - (y_1 + y_4 + y_6 + y_7)] / 4$
 $[(91.0 + 87.3 + 91.4 + 90.5) - (81.9 + 88.9 + 90.1 + 93.0)] / 4$
 $= [360.2 - 353.9] / 4 = 6.3 / 4 = \mathbf{1.575}$

Data dari dua uji coba diatas untuk persen penurunan nilai absorbansi dan persen penurunan nilai turbidity diperoleh tabel sebagai berikut :

Variabel	Nilai Efek Variabel Terhadap Absorbansi	Nilai Efek Variabel Terhadap Turbidity
K. Ferro Sulfat	6.475	3.975
K. Alumunium Sulfat	2.025	1.325
K. Poly Alumunium Chloride	-0.525	0.775
F. Anionik, Polyacrylic Acid	1.775	1.725
F. Kationik, Polyethylene-Imine	6.825	3.625
pH (Penambahan NaOH 75 ppm)	3.675	3.625
Pengadukan (Mixing)	2.425	1.575

Dari tabel diatas maka variabel yang mempunyai efek positif besar terhadap pengendapan larutan dalam limbah cair PT. Sido Muncul adalah :

- 1. Koagulan Ferro sulfat**
- 2. Flokulan Kationik**
- 3. Variabel pH**

Berdasarkan hasil penapisan variabel untuk penelitian optimalisasi proses koagulasi flokulasi untuk pengolahan limbah cair organik industri jamu (studi kasus PT. Sido Muncul Semarang) lebih lanjut dipilih sebagai variabel adalah koagulan Ferro Sulfat dengan konsentrasi 75 mg/l sampai 200 mg/l, Flokulan Kationik dengan konsentrasi 2 mg/l sampai 5 mg/l dan variabel pH mulai dari tanpa pengolahan (pH = 4 -5) sampai dengan penambahan 75 mg/l NaOH(pH = 7).

3.A. Hasil Pengukuran dan penapisan dengan *Matriks Rancangan Taguchi*
 Untuk sampel 1 tertanggal 17 Nopember 2006 Turbidity 202.5 FTU dan Absorbansi 0.78
 Pelaksanaan percobaan tanggal 13 Nopember sampai 17 Nopember 2006
 Penelitian dilakukan pada tanggal 17 Nopember 2006

Hasil Pengukuran Absorbansi Terhadap Treatment

Treatment	Nilai Absorbansi Sebelum Treatment	Nilai Absorbansi Setelah Treatment	Selisih Penurunan Nilai Absorbansi	% Penurunan Nilai Absorbansi
x ₁	0,78	0,26	0,52	66.7
x ₂	0,78	0,12	0,66	84.6
x ₃	0,78	0,19	0,59	75,4
x ₄	0,78	0,17	0,61	78.2
x ₅	0,78	0,11	0,67	85.9
x ₆	0,78	0,13	0,65	83.3
x ₇	0,78	0,09	0,69	88,5
x ₈	0,78	0,14	0,64	82,1

Menentukan Efek Variabel terhadap absorbansi :

Efek Variabel K. Fero Sulfat = $[(y_5 + y_6 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)]/4$
 $[(85.9 + 83.3 + 88.5 + 82.1) - (66.7 + 84.6 + 75.4 + 78.2)] / 4$
 $= [339.8 - 304.9] / 4 = 34.9 / 4 = \mathbf{8.725}$

Efek Variabel K. Aluminium Sulfat = $[(y_3 + y_4 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_5 + y_6)]/4$
 $[(75.4 + 78.2 + 88.5 + 82.1) - (66.7 + 84.6 + 85.9 + 83.3)] / 4$
 $= [324.2 - 320.5] / 4 = 3.7 / 4 = \mathbf{0.925}$

Efek Variabel K. PAC = $[(y_3 + y_4 + y_5 + y_6) - (y_1 + y_2 + y_7 + y_8)]/4$
 $[(75.4 + 78.2 + 85.9 + 83.3) - (66.7 + 84.6 + 88.5 + 82.1)] / 4$
 $= [322.8 - 321.9] / 4 = 0.9 / 4 = \mathbf{0.225}$

Efek Variabel F. Anonik = $[(y_2 + y_4 + y_6 + y_8) - (y_1 + y_3 + y_5 + y_7)]/4$
 $[(88.5 + 78.2 + 83.3 + 82.1) - (66.7 + 75.4 + 85.9 + 88.5)] / 4$
 $= [332.1 - 316.5] / 4 = 15.6 / 4 = \mathbf{3.90}$

Efek Variabel F. Kationik = $[(y_2 + y_4 + y_5 + y_7) - (y_1 + y_3 + y_6 + y_8)]/4$
 $[(88.5 + 78.2 + 85.9 + 88.5) - (66.7 + 75.4 + 83.3 + 82.1)] / 4$
 $= [338.5 - 307.5] / 4 = 31.0 / 4 = \mathbf{7.75}$

Efek Variabel pH = $[(y_2 + y_3 + y_6 + y_7) - (y_1 + y_4 + y_5 + y_8)]/4$
 $[(84.6 + 75.4 + 83.3 + 88.5) - (66.7 + 78.2 + 85.9 + 82.1)] / 4$
 $= [331.8 - 312.9] / 4 = 18.9 / 4 = \mathbf{4.725}$

Efek Variabel Pengadukan (Mixing) = $[(y_2 + y_3 + y_5 + y_8) - (y_1 + y_4 + y_6 + y_7)]/4$
 $[(84.6 + 75.4 + 85.9 + 82.1) - (66.7 + 78.2 + 83.3 + 88.5)] / 4$
 $= [328.0 - 316.7] / 4 = 11.3 / 4 = \mathbf{2.825}$

3.B. Hasil Pengukuran Turbidity Terhadap Treatment

Untuk sampel 1 tertanggal 17 Nopember 2006 Turbidity 202.5 FTU dan Absorbansi 0.78

Pelaksanaan percobaan tanggal 13 Nopember sampai 17 Nopember 2006

Penelitian dilakukan pada tanggal 17 Nopember 2006

Treatment	Nilai Turbidity Sebelum Treatment	Nilai Turbidity Setelah Treatment	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
y ₁	202.5	35.8	166.7	82.3
y ₂	202.5	17.6	184.9	91.3
y ₃	202.5	24.1	178.4	88.1
y ₄	202.5	22.5	180.0	88.9
y ₅	202.5	16.6	185.9	91.8
y ₆	202.5	17.8	184.7	91.2
y ₇	202.5	11.7	190.8	94.2
y ₈	202.5	17.4	185.1	91.4

Menentukan Efek Variabel Terhadap Turbidity :

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel K. Fero Sulfat} &= [(y_5 + y_6 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)]/4 \\ &= [(91.8 + 91.2 + 94.2 + 91.4) - (82.3 + 91.3 + 88.1 + 88.9)]/4 \\ &= [368.6 - 350.6]/4 = 18.0/4 = \mathbf{4.50} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel K. Alumunium Sulfat} &= [(y_3 + y_4 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_5 + y_6)]/4 \\ &= [(88.1 + 88.9 + 94.2 + 91.4) - (82.3 + 91.3 + 91.8 + 91.2)]/4 \\ &= [362.6 - 356.6]/4 = 6.0/4 = \mathbf{1.50} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel K. PAC} &= [(y_3 + y_4 + y_5 + y_6) - (y_1 + y_2 + y_7 + y_8)]/4 \\ &= [(88.1 + 88.9 + 91.8 + 91.2) - (82.3 + 91.3 + 94.2 + 91.4)]/4 \\ &= [360.0 - 359.2]/4 = 0.8/4 = \mathbf{0.20} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel F. Anonik} &= [(y_2 + y_4 + y_6 + y_8) - (y_1 + y_3 + y_5 + y_7)]/4 \\ &= [(91.3 + 88.9 + 91.2 + 91.4) - (82.3 + 88.1 + 91.8 + 94.2)]/4 \\ &= [362.8 - 356.4]/4 = 6.4/4 = \mathbf{1.60} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel F. Kationik} &= [(y_2 + y_4 + y_5 + y_7) - (y_1 + y_3 + y_6 + y_8)]/4 \\ &= [(91.3 + 88.9 + 91.8 + 94.2) - (82.3 + 88.1 + 91.2 + 91.4)]/4 \\ &= [366.2 - 353.0]/4 = 13.2/4 = \mathbf{3.30} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel pH} &= [(y_2 + y_3 + y_6 + y_7) - (y_1 + y_4 + y_5 + y_8)]/4 \\ &= [(91.3 + 88.1 + 91.2 + 94.2) - (82.3 + 88.9 + 91.8 + 91.4)]/4 \\ &= [364.8 - 354.4]/4 = 10.4/4 = \mathbf{2.60} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel Pengadukan (Mixing)} &= [(y_2 + y_3 + y_5 + y_8) - (y_1 + y_4 + y_6 + y_7)]/4 \\ &= [(91.3 + 88.1 + 91.8 + 91.4) - (82.3 + 88.9 + 91.2 + 94.2)]/4 \\ &= [362.6 - 356.6]/4 = 6.0/4 = \mathbf{1.50} \end{aligned}$$

Data dari dua uji coba diatas untuk persen penurunan nilai absorbansi dan persen penurunan nilai turbidity diperoleh tabel sebagai berikut :

Variabel	Nilai Efek Variabel Terhadap Absorbansi	Nilai Efek Variabel Terhadap Turbidity
K. Ferro Sulfat	8.725	4.500
K. Alumunium Sulfat	0.925	1.500
K. Poly Alumunium Chloride	0.225	0.200
F. Anionik, Polyacrylic Acid	0.390	1.600
F. Kationik, Polyethylene-Imine	7.750	3.300
pH (Penambahan NaOH 75 ppm)	4.725	2.600
Pengadukan (Mixing)	2.825	1.500

Dari tabel diatas maka variabel yang mempunyai efek positif besar terhadap pengendapan larutan dalam limbah cair PT. Sido Muncul adalah :

- 1. Koagulan Ferro sulfat**
- 2. Flokulan Kationik**
- 3. Variabel pH**

Berdasarkan hasil penapisan variabel untuk penelitian optimalisasi proses koagulasi flokulasi untuk pengolahan limbah cair organik industri jamu (studi kasus PT. Sido Muncul Semarang) lebih lanjut dipilih sebagai variabel adalah koagulan Ferro Sulfat dengan konsentrasi 75 mg/l sampai 200 mg/l, Flokulan Kationik dengan konsentrasi 2 mg/l sampai 5 mg/l dan variabel pH mulai dari tanpa pengolahan (pH = 4 -5) sampai dengan penambahan 75 mg/l NaOH(pH = 7).

4.A. Hasil Pengukuran dan penapisan dengan Matriks Rancangan Taguchi

Untuk sampel 2 tertanggal 21 Nopember 2006 Turbidity 187 FTU dan Absorbansi 0.77

Pelaksanaan percobaan tanggal 21 Nopember sampai 24 Nopember 2006

Penelitian dilakukan pada tanggal 21 Nopember 2006

Hasil Pengukuran Absorbansi Terhadap Treatment

Treatment	Nilai Absorbansi Sebelum Treatment	Nilai Absorbansi Setelah Treatment	Selisih Penurunan Nilai Absorbansi	% Penurunan Nilai Absorbansi
x ₁	0,77	0,26	0,51	66,2
x ₂	0,77	0,13	0,64	83,1
x ₃	0,77	0,20	0,56	74,0
x ₄	0,77	0,17	0,60	77,9
x ₅	0,77	0,12	0,65	84,4
x ₆	0,77	0,15	0,62	80,5
x ₇	0,77	0,10	0,67	87,0
x ₈	0,77	0,14	0,63	81,8

Menentukan Efek Variabel terhadap absorbansi :

Efek Variabel K. Fero Sulfat = $[(y_5 + y_6 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)]/4$

$[(84.4 + 80.5 + 87.0 + 81.8) - (66.2 + 83.1 + 74.0 + 77.9)]/4$

$= [333.7 - 301.2]/4 = 32.5/4 = \mathbf{8.125}$

Efek Variabel K. Alumunium Sulfat = $[(y_3 + y_4 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_5 + y_6)]/4$

$[(74.0 + 77.9 + 87.0 + 81.8) - (66.2 + 83.1 + 84.4 + 80.5)]/4$

$= [320.7 - 314.2]/4 = 6.5/4 = \mathbf{1.625}$

Efek Variabel K. PAC = $[(y_3 + y_4 + y_5 + y_6) - (y_1 + y_2 + y_7 + y_8)]/4$

$[(74.0 + 77.9 + 84.4 + 80.5) - (66.2 + 83.1 + 87.0 + 81.8)]/4$

$= [315.5 - 318.1]/4 = -1.3/4 = \mathbf{-0.325}$

Efek Variabel F. Anonik = $[(y_2 + y_4 + y_6 + y_8) - (y_1 + y_3 + y_5 + y_7)]/4$

$[(83.1 + 77.9 + 80.5 + 81.8) - (66.2 + 74.0 + 84.4 + 87.0)]/4$

$= [323.3 - 311.6]/4 = 11.7/4 = \mathbf{2.925}$

Efek Variabel F. Kationik = $[(y_2 + y_4 + y_5 + y_7) - (y_1 + y_3 + y_6 + y_8)]/4$

$[(83.1 + 77.9 + 84.4 + 87.0) - (66.2 + 74.0 + 80.5 + 81.8)]/4$

$= [332.4 - 302.5]/4 = 29.9/4 = \mathbf{7.475}$

Efek Variabel pH = $[(y_2 + y_3 + y_6 + y_7) - (y_1 + y_4 + y_5 + y_8)]/4$

$[(83.1 + 74.0 + 80.5 + 87.0) - (66.2 + 77.9 + 84.4 + 81.8)]/4$

$= [324.6 - 310.3]/4 = 14.6/4 = \mathbf{3.65}$

Efek Variabel Pengadukan (Mixing) = $[(y_2 + y_3 + y_5 + y_8) - (y_1 + y_4 + y_6 + y_7)]/4$

$[(83.1 + 74.0 + 84.4 + 81.8) - (66.2 + 77.9 + 80.5 + 87.0)]/4$

$= [323.3 - 311.6]/4 = 11.7/4 = \mathbf{2.925}$

4.B. Hasil Pengukuran Turbidity Terhadap Treatment

Untuk sampel 2 tertanggal 21 Nopember 2006 Turbidity 187 FTU dan Absorbansi 0.77

Pelaksanaan percobaan tanggal 21 Nopember sampai 24 Nopember 2006

Penelitian dilakukan pada tanggal 21 Nopember 2006

Treatment	Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
y ₁	187	32.5	154.5	82.6
y ₂	187	16.4	170.6	91.2
y ₃	187	20.9	166.1	88.8
y ₄	187	19,2	167.9	89.7
y ₅	187	14,1	172.9	92.4
y ₆	187	14.6	172.4	92.2
y ₇	187	11.6	175.4	93.8
y ₈	187	17.2	169.8	90.8

Menentukan Efek Variabel terhadap turbidity :

Efek Variabel K. Fero Sulfat = $[(y_5 + y_6 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)] / 4$
 $[(92.4 + 92.2 + 93.8 + 90.8) - (82.6 + 91.2 + 88.8 + 89.7)] / 4$
 $= [369.2 - 352.3] / 4 = 16.9 / 4 = \underline{\underline{4.225}}$

Efek Variabel K. Aluminium Sulfat = $[(y_3 + y_4 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_5 + y_6)] / 4$
 $[(88.8 + 89.7 + 93.8 + 90.8) - (82.6 + 91.2 + 92.4 + 92.2)] / 4$
 $= [363.1 - 358.4] / 4 = 4.7 / 4 = \underline{\underline{1.175}}$

Efek Variabel K. PAC = $[(y_3 + y_4 + y_5 + y_6) - (y_1 + y_2 + y_7 + y_8)] / 4$
 $[(88.8 + 89.7 + 92.4 + 92.2) - (82.6 + 91.2 + 93.8 + 90.8)] / 4$
 $= [363.1 - 358.4] / 4 = 4.7 / 4 = \underline{\underline{1.175}}$

Efek Variabel F. Anonik = $[(y_2 + y_4 + y_6 + y_8) - (y_1 + y_3 + y_5 + y_7)] / 4$
 $[(91.2 + 89.7 + 92.2 + 90.8) - (82.6 + 88.8 + 92.4 + 93.8)] / 4$
 $= [363.9 - 357.6] / 4 = 6.3 / 4 = \underline{\underline{1.575}}$

Efek Variabel F. Kationik = $[(y_2 + y_4 + y_5 + y_7) - (y_1 + y_3 + y_6 + y_8)] / 4$
 $[(91.2 + 89.7 + 92.4 + 93.8) - (82.6 + 88.8 + 92.2 + 90.8)] / 4$
 $= [367.1 - 354.4] / 4 = 12.7 / 4 = \underline{\underline{3.175}}$

Efek Variabel pH = $[(y_2 + y_3 + y_6 + y_7) - (y_1 + y_4 + y_5 + y_8)] / 4$
 $[(91.2 + 88.8 + 92.2 + 93.8) - (82.6 + 89.7 + 92.4 + 90.8)] / 4$
 $= [366.0 - 355.5] / 4 = 10.5 / 4 = \underline{\underline{2.625}}$

Efek Variabel Pengadukan (Mixing) = $[(y_2 + y_3 + y_5 + y_8) - (y_1 + y_4 + y_6 + y_7)] / 4$
 $[(91.2 + 88.8 + 92.4 + 90.8) - (82.6 + 89.7 + 92.2 + 93.8)] / 4$
 $= [363.2 - 358.3] / 4 = 4.9 / 4 = \underline{\underline{1.225}}$

Data dari dua uji coba diatas untuk persen penurunan nilai absorbansi dan persen penurunan nilai turbidity diperoleh table sebagai berikut :

Variabel	Nilai Efek Variabel Terhadap Absorbansi	Nilai Efek Variabel Terhadap Turbidity
K. Ferro Sulfat	8.125	4.225
K. Alumunium Sulfat	1.625	1.175
K. Poly Alumunium Chloride	-0.325	1.175
F. Anionik, Polyacrylic Acid	2.925	1.575
F. Kationik, Polyethylene-Imine	7.475	3.175
pH (Penambahan NaOH 75 ppm)	3.650	2.625
Pengadukan (Mixing)	2.925	1.225

Dari tabel diatas maka variabel yang mempunyai efek positif besar terhadap pengendapan larutan dalam limbah cair PT. Sido Muncul adalah :

- 1. Koagulan Ferro sulfat**
- 2. Flokulan Kationik**
- 3. Variabel pH**

Berdasarkan hasil penapisan variabel untuk penelitian optimalisasi proses koagulasi flokulasi untuk pengolahan limbah cair organik industri jamu (studi kasus PT. Sido Muncul Semarang) lebih lanjut dipilih sebagai variabel adalah koagulan Ferro Sulfat dengan konsentrasi 75 mg/l sampai 200 mg/l, Flokulan Kationik dengan konsentrasi 2 mg/l sampai 5 mg/l dan variabel pH mulai dari tanpa pengolahan (pH = 4 -5) sampai dengan penambahan 75 mg/l NaOH (pH = 7).

5.A. Hasil Pengukuran dan penapisan dengan Matriks Rancangan Taguchi
 Untuk sampel 2 tertanggal 22 Nopember 2006 Turbidity 183.4 FTU dan Absorbansi 0.76
 Pelaksanaan percobaan tanggal 21 Nopember sampai 24 Nopember 2006
 Penelitian dilakukan pada tanggal 22 Nopember 2006

Hasil Pengukuran Absorbansi Terhadap Treatment

Treatment	Nilai Absorbansi Sebelum Treatment	Nilai Absorbansi Setelah Treatment	Selisih Penurunan Nilai Absorbansi	% Penurunan Nilai Absorbansi
x ₁	0,76	0,25	0,51	67,1
x ₂	0,76	0,12	0,64	84.2
x ₃	0,76	0,19	0,57	75.0
x ₄	0,76	0,16	0,60	78.9
x ₅	0,76	0,11	0,65	85.5
x ₆	0,76	0,14	0,62	81.6
x ₇	0,76	0,08	0,68	89.5
x ₈	0,76	0,14	0,63	82.9

Menentukan Efek Variabel terhadap absorbansi :

Efek Variabel K. Fero Sulfat = $[(y_5 + y_6 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)]/4$
 $[(85.5 + 81.6 + 89.5 + 82.9) - (67.1 + 84.2 + 75.0 + 78.9)] / 4$
 $= [339.5 - 305.2] / 4 = 34.3 / 4 = \mathbf{8.575}$

Efek Variabel K. Aluminium Sulfat = $[(y_3 + y_4 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_5 + y_6)]/4$
 $[(75.0 + 78.9 + 89.5 + 82.9) - (67.1 + 84.2 + 85.5 + 81.6)] / 4$
 $= [326.3 - 318.4] / 4 = 7.9 / 4 = \mathbf{1.975}$

Efek Variabel K. PAC = $[(y_3 + y_4 + y_5 + y_6) - (y_1 + y_2 + y_7 + y_8)]/4$
 $[(75.0 + 78.9 + 85.5 + 81.6) - (67.1 + 84.2 + 89.5 + 82.9)] / 4$
 $= [321.0 - 323.7] / 4 = -2.7 / 4 = \mathbf{-0.675}$

Efek Variabel F. Anonik = $[(y_2 + y_4 + y_6 + y_8) - (y_1 + y_3 + y_5 + y_7)]/4$
 $[(84.2 + 78.9 + 81.6 + 82.9) - (67.1 + 75.0 + 85.5 + 89.5)] / 4$
 $= [327.6 - 317.1] / 4 = 10.5 / 4 = \mathbf{2.625}$

Efek Variabel F. Kationik = $[(y_2 + y_4 + y_5 + y_7) - (y_1 + y_3 + y_6 + y_8)]/4$
 $[(84.2 + 78.9 + 85.5 + 89.5) - (67.1 + 75.0 + 81.6 + 82.9)] / 4$
 $= [338.1 - 313.2] / 4 = 24.9 / 4 = \mathbf{6.225}$

Efek Variabel pH = $[(y_2 + y_3 + y_6 + y_7) - (y_1 + y_4 + y_5 + y_8)]/4$
 $[(84.2 + 75.0 + 81.6 + 89.5) - (67.1 + 78.9 + 85.5 + 82.9)] / 4$
 $= [330.3 - 314.4] / 4 = 15.9 / 4 = \mathbf{3.975}$

Efek Variabel Pengadukan (Mixing) = $[(y_2 + y_3 + y_5 + y_8) - (y_1 + y_4 + y_6 + y_7)]/4$
 $[(84.2 + 75.0 + 85.5 + 82.9) - (67.1 + 78.9 + 81.6 + 89.5)] / 4$
 $= [327.6 - 317.1] / 4 = 10.5 / 4 = \mathbf{2.625}$

5.B. Hasil Pengukuran Turbidity Terhadap Treatment

Untuk sampel 2 tertanggal 22 Nopember 2006 Turbidity 183.4 FTU dan Absorbansi 0.76

Pelaksanaan percobaan tanggal 21 Nopember sampai 24 Nopember 2006

Penelitian dilakukan pada tanggal 22 Nopember 2006

Treatment	Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
y ₁	183.4	29.5	153.9	83.9
y ₂	183.4	12.8	170.6	93.0
y ₃	183.4	16.5	166.9	91.0
y ₄	183.4	15.8	167.6	91.4
y ₅	183.4	12.3	171.1	93.3
y ₆	183.4	10.8	172.6	94.1
y ₇	183.4	10.5	172.9	94.3
y ₈	183.4	14.5	168.9	92.1

Menentukan Efek Variabel terhadap turbidity :

Efek Variabel K. Fero Sulfat = $[(y_5 + y_6 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)]/4$

$[(93.3 + 94.1 + 94.3 + 92.1) - (83.9 + 93.0 + 91.0 + 91.4)] / 4$

$= [373.8 - 359.3] / 4 = 14.5 / 4 = \underline{\underline{3.625}}$

Efek Variabel K. Alumunium Sulfat = $[(y_3 + y_4 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_5 + y_6)]/4$

$[(91.0 + 91.4 + 94.3 + 92.1) - (83.9 + 93.0 + 93.3 + 94.1)] / 4$

$= [368.8 - 364.3] / 4 = 4.5 / 4 = \underline{\underline{1.125}}$

Efek Variabel K. PAC = $[(y_3 + y_4 + y_5 + y_6) - (y_1 + y_2 + y_7 + y_8)]/4$

$[(91.0 + 91.4 + 93.3 + 94.1) - (83.9 + 93.0 + 94.3 + 92.1)] / 4$

$= [369.8 - 363.3] / 4 = 6.5 / 4 = \underline{\underline{1.625}}$

Efek Variabel F. Anonik = $[(y_2 + y_4 + y_6 + y_8) - (y_1 + y_3 + y_5 + y_7)]/4$

$[(93.0 + 91.4 + 94.1 + 92.1) - (83.9 + 91.0 + 93.3 + 94.3)] / 4$

$= [372.0 - 362.5] / 4 = 9.5 / 4 = \underline{\underline{2.375}}$

Efek Variabel F. Kationik = $[(y_2 + y_4 + y_5 + y_7) - (y_1 + y_3 + y_6 + y_8)]/4$

$[(93.0 + 91.4 + 93.3 + 94.3) - (83.9 + 91.0 + 94.1 + 92.1)] / 4$

$= [372. - 361.1] / 4 = 10.9 / 4 = \underline{\underline{2.725}}$

Efek Variabel pH = $[(y_2 + y_3 + y_6 + y_7) - (y_1 + y_4 + y_5 + y_8)]/4$

$[(93.0 + 91.0 + 94.1 + 94.3) - (83.9 + 91.4 + 93.3 + 92.1)] / 4$

$= [372.4 - 360.7] / 4 = 11.7 / 4 = \underline{\underline{2.925}}$

Efek Variabel Pengadukan (Mixing) = $[(y_2 + y_3 + y_5 + y_8) - (y_1 + y_4 + y_6 + y_7)]/4$

$[(93.0 + 91.0 + 93.3 + 92.1) - (83.9 + 91.4 + 94.1 + 94.3)] / 4$

$= [369.4 - 363.7] / 4 = 5.7 / 4 = \underline{\underline{1.425}}$

Data dari dua uji coba diatas untuk persen penurunan nilai absorbansi dan persen penurunan nilai turbidity diperoleh table sebagai berikut :

Variabel	Nilai Efek Variabel Terhadap Absorbansi	Nilai Efek Variabel Terhadap Turbidity
K. Ferro Sulfat	8.575	3.625
K. Alumunium Sulfat	1.975	1.125
K. Poly Alumunium Cloride	-0.675	1.625
F. Anionik, Polyacrylic Acid	2.625	2.375
F. Kationik, Polyethylene-Imine	6.225	2.725
pH (Penambahan NaOH 75 ppm)	3.975	2.925
Pengadukan (Mixing)	2.625	1.425

Dari tabel diatas maka variabel yang mempunyai efek positif besar terhadap pengendapan larutan dalam limbah cair PT. Sido Muncul adalah :

- 1. Koagulan Ferro sulfat**
- 2. Flokulan Kationik**
- 3. Variabel pH**

Berdasarkan hasil penapisan variabel untuk penelitian optimalisasi proses koagulasi flokulasi untuk pengolahan limbah cair organik industri jamu (studi kasus PT. Sido Muncul Semarang) lebih lanjut dipilih sebagai variabel adalah koagulan Ferro Sulfat dengan konsentrasi 75 mg/l sampai 200 mg/l, Flokulan Kationik dengan konsentrasi 2 mg/l sampai 5 mg/l dan variabel pH mulai dari tanpa pengolahan (pH = 4 -5) sampai dengan penambahan 75 mg/l NaOH (pH = 7).

6.A. Hasil Pengukuran dan penapisan dengan Matriks Rancangan Taguchi

Untuk sampel 2 tertanggal 24 Nopember 2006 Turbidity 177.9 FTU dan Absorbansi 0.73

Pelaksanaan percobaan tanggal 21 Nopember sampai 24 Nopember 2006

Penelitian dilakukan pada tanggal 24 Nopember 2006

Hasil Pengukuran Absorbansi Terhadap Treatment

Treatment	Nilai Absorbansi Sebelum Treatment	Nilai Absorbansi Setelah Treatment	Selisih Penurunan Nilai Absorbansi	% Penurunan Nilai Absorbansi
x ₁	0,73	0,23	0,50	68.5
x ₂	0,73	0,11	0,62	84.9
x ₃	0,73	0,17	0,56	76.7
x ₄	0,73	0,14	0,59	80.8
x ₅	0,73	0,10	0,63	86.3
x ₆	0,73	0,12	0,61	83.6
x ₇	0,73	0,06	0,67	91.8
x ₈	0,73	0,12	0,61	83.6

Menentukan Efek Variabel terhadap absorbansi :

Efek Variabel K. Fero Sulfat = $[(y_5 + y_6 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)]/4$

$$[(86.3 + 83.6 + 91.8 + 83.6) - (68.5 + 84.9 + 76.7 + 80.8)] / 4 \\ = [345.3 - 310.9] / 4 = 34.4 / 4 = \mathbf{8.60}$$

Efek Variabel K. Aluminium Sulfat = $[(y_3 + y_4 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_5 + y_6)]/4$

$$[(76.7 + 80.8 + 91.8 + 83.6) - (68.5 + 84.9 + 86.3 + 83.6)] / 4 \\ = [332.9 - 323.3] / 4 = 9.6 / 4 = \mathbf{2.40}$$

Efek Variabel K. PAC = $[(y_3 + y_4 + y_5 + y_6) - (y_1 + y_2 + y_7 + y_8)]/4$

$$[(76.7 + 80.8 + 86.3 + 83.6) - (68.5 + 84.9 + 91.8 + 83.6)] / 4 \\ = [327.4 - 328.8] / 4 = -1.4 / 4 = \mathbf{0.35}$$

Efek Variabel F. Anonik = $[(y_2 + y_4 + y_6 + y_8) - (y_1 + y_3 + y_5 + y_7)]/4$

$$[(84.9 + 80.8 + 83.6 + 83.6) - (68.5 + 76.7 + 86.3 + 91.8)] / 4 \\ = [332.9 - 323.3] / 4 = 9.6 / 4 = \mathbf{2.40}$$

Efek Variabel F. Kationik = $[(y_2 + y_4 + y_5 + y_7) - (y_1 + y_3 + y_6 + y_8)]/4$

$$[(84.9 + 80.8 + 86.3 + 91.8) - (68.5 + 76.7 + 83.6 + 83.6)] / 4 \\ = [343.8 - 312.4] / 4 = 31.4 / 4 = \mathbf{7.85}$$

Efek Variabel pH = $[(y_2 + y_3 + y_6 + y_7) - (y_1 + y_4 + y_5 + y_8)]/4$

$$[(84.9 + 76.7 + 83.6 + 91.8) - (68.5 + 80.8 + 86.3 + 83.6)] / 4 \\ = [337.0 - 319.2] / 4 = 17.8 / 4 = \mathbf{4.45}$$

Efek Variabel Pengadukan (Mixing) = $[(y_2 + y_3 + y_5 + y_8) - (y_1 + y_4 + y_6 + y_7)]/4$

$$[(84.9 + 76.7 + 86.3 + 83.6) - (68.5 + 80.8 + 83.6 + 91.8)] / 4 \\ = [331.5 - 324.7] / 4 = 6.8 / 4 = \mathbf{1.70}$$

6.B. Hasil Pengukuran Turbidity Terhadap Treatment

Untuk sampel 2 tertanggal 24 Nopember 2006 Turbidity 177.9 FTU dan Absorbansi 0.73

Pelaksanaan percobaan tanggal 21 Nopember sampai 24 Nopember 2006

Penelitian dilakukan pada tanggal 24 Nopember 2006

Treatment	Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
y ₁	177.9	27.2	150.7	84.7
y ₂	177.9	10.5	167.4	94.1
y ₃	177.9	14.6	163.3	91.8
y ₄	177.9	13.9	164.0	92.2
y ₅	177.9	9.8	168.1	94.5
y ₆	177.9	8.6	169.3	95.2
y ₇	177.9	8.7	169.2	95.1
y ₈	177.9	12.6	165.3	92.9

Menentukan Efek Variabel terhadap turbidity :

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel K. Fero Sulfat} &= [(y_5 + y_6 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)] / 4 \\ &= [(94.5 + 95.2 + 95.1 + 92.9) - (84.7 + 94.1 + 91.8 + 92.2)] / 4 \\ &= [377.7 - 362.8] / 4 = 14.9 / 4 = \mathbf{3.725} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel K. Aluminium Sulfat} &= [(y_3 + y_4 + y_7 + y_8) - (y_1 + y_2 + y_5 + y_6)] / 4 \\ &= [(91.8 + 92.2 + 95.1 + 92.9) - (84.7 + 94.1 + 94.5 + 95.2)] / 4 \\ &= [372.0 - 368.5] / 4 = 3.5 / 4 = \mathbf{0.875} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel K. PAC} &= [(y_3 + y_4 + y_5 + y_6) - (y_1 + y_2 + y_7 + y_8)] / 4 \\ &= [(91.8 + 92.2 + 94.5 + 95.2) - (84.7 + 94.1 + 95.1 + 92.9)] / 4 \\ &= [373.7 - 366.8] / 4 = 6.9 / 4 = \mathbf{1.725} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel F. Anonik} &= [(y_2 + y_4 + y_6 + y_8) - (y_1 + y_3 + y_5 + y_7)] / 4 \\ &= [(94.1 + 92.2 + 95.2 + 92.9) - (84.7 + 91.8 + 94.5 + 95.1)] / 4 \\ &= [374.4 - 366.1] / 4 = 8.3 / 4 = \mathbf{2.075} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel F. Kationik} &= [(y_2 + y_4 + y_5 + y_7) - (y_1 + y_3 + y_6 + y_8)] / 4 \\ &= [(94.1 + 92.2 + 94.5 + 95.1) - (84.7 + 91.8 + 95.2 + 92.9)] / 4 \\ &= [375.9 - 364.6] / 4 = 11.3 / 4 = \mathbf{2.825} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel pH} &= [(y_2 + y_3 + y_6 + y_7) - (y_1 + y_4 + y_5 + y_8)] / 4 \\ &= [(94.1 + 91.8 + 95.2 + 95.1) - (84.7 + 92.2 + 94.5 + 92.9)] / 4 \\ &= [376.2 - 364.3] / 4 = 11.9 / 4 = \mathbf{2.975} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efek Variabel Pengadukan (Mixing)} &= [(y_2 + y_3 + y_5 + y_8) - (y_1 + y_4 + y_6 + y_7)] / 4 \\ &= [(94.1 + 91.8 + 94.5 + 92.9) - (84.7 + 92.2 + 95.2 + 95.1)] / 4 \\ &= [373.3 - 367.2] / 4 = 6.1 / 4 = \mathbf{1.525} \end{aligned}$$

Data dari dua uji coba diatas untuk persen penurunan nilai absorbansi dan persen penurunan nilai turbidity diperoleh tabel sebagai berikut :

Variabel	Nilai Efek Variabel Terhadap Absorbansi	Nilai Efek Variabel Terhadap Turbidity
K. Ferro Sulfat	8.600	3.725
K. Alumunium Sulfat	2.400	0.875
K. Poly Alumunium Chloride	0.350	1.725
F. Anionik, Polyacrylic Acid	2.400	2.075
F. Kationik, Polyethylene-Imine	7.850	2.825
pH (Penambahan NaOH 75 ppm)	4.450	2.975
Pengadukan (Mixing)	1.700	1.525

Dari tabel diatas maka variabel yang mempunyai efek positif besar terhadap pengendapan larutan dalam limbah cair PT. Sido Muncul adalah :

- 1. Koagulan Ferro sulfat**
- 2. Flokulan Kationik**
- 3. Variabel pH**

Berdasarkan hasil penapisan variabel untuk penelitian optimalisasi proses koagulasi flokulasi untuk pengolahan limbah cair organik industri jamu (studi kasus PT. Sido Muncul Semarang) lebih lanjut dipilih sebagai variabel adalah koagulan Ferro Sulfat dengan konsentrasi 75 mg/l sampai 200 mg/l, Flokulan Kationik dengan konsentrasi 2 mg/l sampai 5 mg/l dan variabel pH mulai dari tanpa pengolahan (pH = 4 -5) sampai dengan penambahan 75 mg/l NaOH(pH = 7).

LAMPIRAN IV

HASIL PENELITIAN
TAHAP PENENTUAN KONDISI OPTIMUM

Tahap Penentuan Kondisi Optimum

Tabel 4.1. Influen Air limbah dengan turbidity 213 FTU diproses pada pH = 4, Koagulan Ferro sulfat 75 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	213.0	39.4	173.6	81.5
3	mg/l	213.0	37.2	175.8	82.5
4	mg/l	213.0	36.1	176.9	83.5
5	mg/l	213.0	33.6	179.4	84.2

Tabel 4.2. Influen Air limbah dengan turbidity 213 FTU diproses pada pH = 4, Koagulan Ferro sulfat 100 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	213.0	37.8	175.2	82.2
3	mg/l	213.0	36.2	176.8	83.0
4	mg/l	213.0	32.1	180.9	84.9
5	mg/l	213.0	30.4	182.6	85.7

Tabel 4.3. Influen Air limbah dengan turbidity 213 FTU diproses pada pH = 4, Koagulan Ferro sulfat 125 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	213.0	35.9	177.1	83.2
3	mg/l	213.0	34.2	178.8	83.9
4	mg/l	213.0	33.3	179.7	84.4
5	mg/l	213.0	31.2	181.8	85.4

Tabel 4.4. Influen Air limbah dengan turbidity 213 FTU diproses pada pH = 4, Koagulan Ferro sulfat 150 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

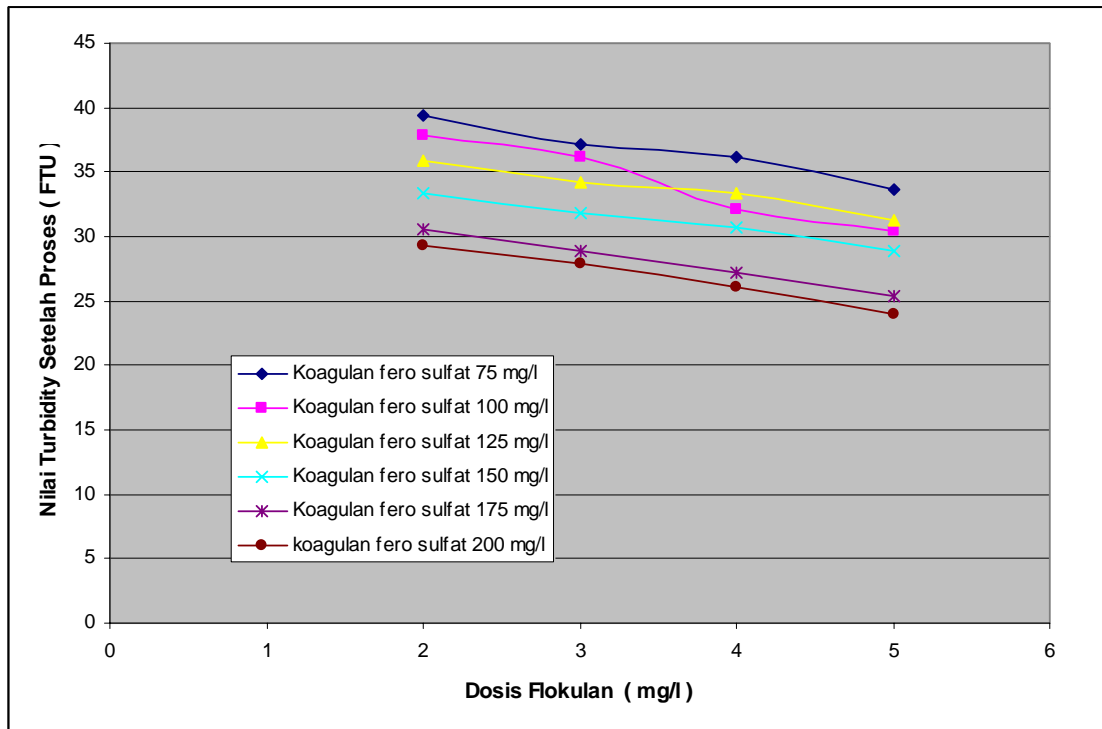
Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	213.0	33.4	179.6	84.3
3	mg/l	213.0	31.8	181.2	85.1
4	mg/l	213.0	30.7	182.3	85.6
5	mg/l	213.0	28.9	184.1	86.4

Tabel 4.5. Influen Air limbah dengan turbidity 213 FTU diproses pada pH = 4, Koagulan Ferro sulfat 175 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	213.0	30.6	182.4	85.6
3	mg/l	213.0	28.9	184.1	86.4
4	mg/l	213.0	27.2	185.8	87.2
5	mg/l	213.0	25.4	187.6	88.0

Tabel 4.6. Influen Air limbah dengan turbidity 213 FTU diproses pada pH = 4, Koagulan Ferro sulfat 200 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	213.0	29.3	183.7	86.2
3	mg/l	213.0	27.9	185.1	86.9
4	mg/l	213.0	26.1	186.9	87.8
5	mg/l	213.0	24.0	189.0	88.7



Gambar L-1. Nilai turbidity terhadap variasi Koagulan Ferro sulfat 75 sampai 200 mg/l, variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.dengan turbidity awal 213 FTU diproses pada pH = 4

Tabel 4.7. Influen Air limbah dengan turbidity 213 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 75 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	213.0	32.2	180.8	84.9
3	mg/l	213.0	30.3	182.7	85.8
4	mg/l	213.0	28.0	185.0	86.9
5	mg/l	213.0	27.2	185.8	87.2

Tabel 4.8. Influen Air limbah dengan turbidity 213 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 100 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	213.0	31.1	181.9	85.4
3	mg/l	213.0	29.5	183.5	86.2
4	mg/l	213.0	27.3	185.7	87.2
5	mg/l	213.0	25.9	187.1	87.8

Tabel 4.9. Influen Air limbah dengan turbidity 213 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 125 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	213.0	29.7	183.3	86.1
3	mg/l	213.0	28.1	184.9	86.8
4	mg/l	213.0	25.8	187.2	87.9
5	mg/l	213.0	24.2	188.8	88.6

Tabel 4.10. Influen Air limbah dengan turbidity 213 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 150 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

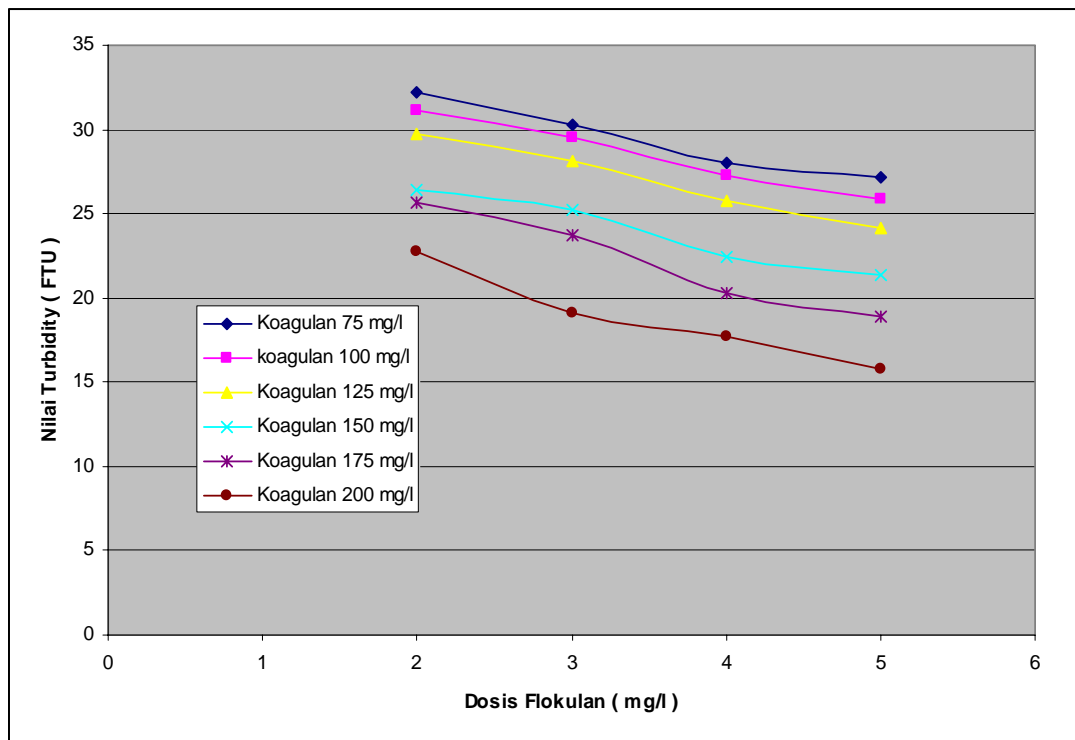
Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	213.0	26.4	186.6	87.6
3	mg/l	213.0	25.2	187.8	88.2
4	mg/l	213.0	22.4	190.6	89.5
5	mg/l	213.0	21.4	191.6	90.0

Tabel 4.11. Influen Air limbah dengan turbidity 213 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 175 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	213.0	25.7	187.3	87.9
3	mg/l	213.0	23.7	189.3	88.9
4	mg/l	213.0	20.3	192.7	90.5
5	mg/l	213.0	18.9	194.1	91.1

Tabel 4.12. Influen Air limbah dengan turbidity 213 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 200 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	213.0	22.8	190.2	89.3
3	mg/l	213.0	19.1	193.9	91.0
4	mg/l	213.0	17.7	195.3	91.7
5	mg/l	213.0	15.8	197.2	92.6



Gambar L-2. Nilai turbidity terhadap variasi Koagulan Ferro sulfat 75 sampai 200 mg/l, variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.dengan turbidity awal 213 FTU diproses pada pH = 7

Tabel 4.13. Influen Air limbah dengan turbidity 193.3 FTU diproses pada pH = 4, Koagulan Ferro sulfat 75 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	193.3	31.3	162.0	83.8
3	mg/l	193.3	28.7	164.6	85.2
4	mg/l	193.3	27.1	166.2	86.0
5	mg/l	193.3	25.2	168.1	87.0

Tabel 4.14. Influen Air limbah dengan turbidity 193.3 FTU diproses pada pH = 4, Koagulan Ferro sulfat 100 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	193.3	30.4	162.9	84.3
3	mg/l	193.3	28.6	164.7	85.2
4	mg/l	193.3	25.3	168.0	86.9
5	mg/l	193.3	23.3	170.0	88.0

Tabel 4.15. Influen Air limbah dengan turbidity 193.3 FTU diproses pada pH = 4, Koagulan Ferro sulfat 125 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	193.3	28.4	164.9	85.3
3	mg/l	193.3	25.7	167.6	86.7
4	mg/l	193.3	24.1	169.2	87.5
5	mg/l	193.3	21.2	172.1	89.0

Tabel 4.16. Influen Air limbah dengan turbidity 193.3 FTU diproses pada pH = 4, Koagulan Ferro sulfat 150 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

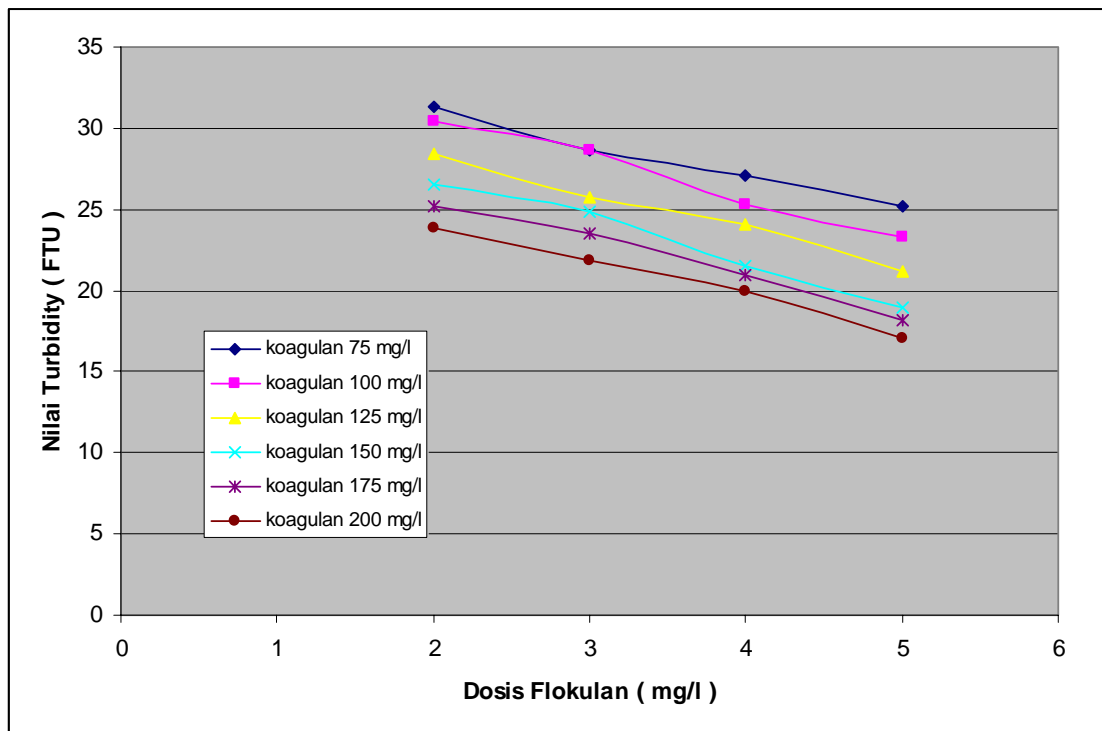
Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	193.3	26.5	166.8	86.3
3	mg/l	193.3	24.9	168.4	87.1
4	mg/l	193.3	21.5	171.8	88.9
5	mg/l	193.3	18.9	174.4	90.2

Tabel 4.17. Influen Air limbah dengan turbidity 193.3 FTU diproses pada pH = 4, Koagulan Ferro sulfat 175 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	193.3	25.2	168.1	87.0
3	mg/l	193.3	23.5	169.8	87.8
4	mg/l	193.3	20.9	172.4	89.2
5	mg/l	193.3	18.2	175.1	90.6

Tabel 4.18. Influen Air limbah dengan turbidity 193.3 FTU diproses pada pH = 4, Koagulan Ferro sulfat 200 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	193.3	23.8	169.5	87.7
3	mg/l	193.3	21.9	171.4	88.7
4	mg/l	193.3	20.0	173.3	89.7
5	mg/l	193.3	17.1	176.2	91.2



Gambar L-3. Nilai turbidity terhadap variasi Koagulan Ferro sulfat 75 sampai 200 mg/l, variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.dengan turbidity awal 193.3 FTU diproses pada pH = 4

Tabel 4.19. Influen Air limbah dengan turbidity 193.3 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 75 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	193.3	29.0	164.3	85.0
3	mg/l	193.3	28.1	165.2	85.5
4	mg/l	193.3	25.4	167.9	86.9
5	mg/l	193.3	22.7	170.6	88.3

Tabel 4.20. Influen Air limbah dengan turbidity 193.3 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 100 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	193.3	27.2	166.1	85.9
3	mg/l	193.3	24.7	169.1	87.5
4	mg/l	193.3	22.1	171.2	88.6
5	mg/l	193.3	19.9	173.4	89.7

Tabel 4.21. Influen Air limbah dengan turbidity 193.3 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 125 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	193.3	24.7	168.6	87.2
3	mg/l	193.3	21.4	171.9	88.9
4	mg/l	193.3	18.8	174.5	90.3
5	mg/l	193.3	17.2	176.1	91.1

Tabel 4.22. Influen Air limbah dengan turbidity 193.3 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 150 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

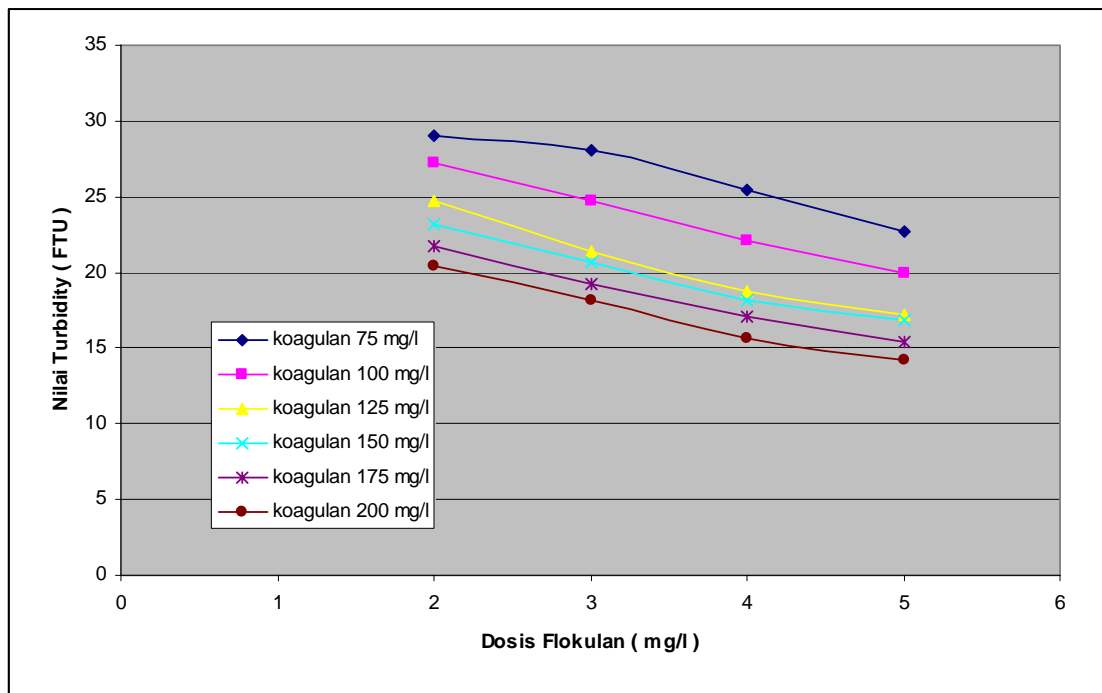
Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	193.3	23.2	170.1	88.0
3	mg/l	193.3	20.7	172.6	89.3
4	mg/l	193.3	18.2	175.1	90.6
5	mg/l	193.3	16.8	176.5	91.3

Tabel 4.23. Influen Air limbah dengan turbidity 193.3 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 175 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	193.3	21.7	171.6	88.8
3	mg/l	193.3	19.2	174.1	90.1
4	mg/l	193.3	17.1	176.1	91.1
5	mg/l	193.3	15.4	177.9	92.0

Tabel 4.24. Influen Air limbah dengan turbidity 193.3 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 200 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	193.3	20.4	172.9	89.5
3	mg/l	193.3	18.1	175.2	90.6
4	mg/l	193.3	15.6	177.7	92.0
5	mg/l	193.3	14.2	179.1	92.7



Gambar L-4. Nilai turbidity terhadap variasi Koagulan Ferro sulfat 75 sampai 200 mg/l, variasi Flokulan 2 sampai 5 mg/l.dengan turbidity awal 193.3 FTU diproses pada pH = 7

Tahap Penentuan Kondisi Optimum Dengan Dosis diatas Standar

Tabel 4.25. Influen Air limbah dengan turbidity 194.3 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro Sulfat 200 mg/l dan variasi Flokulan 5 sampai 10 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
5	mg/l	194.3	14.6	179.7	92.5
6	mg/l	194.3	14.2	180.1	92.7
7	mg/l	194.3	14.4	179.9	92.6
8	mg/l	194.3	14.2	180.1	92.7
9	mg/l	194.3	14.2	180.1	92.7
10	mg/l	194.3	14.2	180.1	92.7

Tabel 4.26. Influen Air limbah dengan turbidity 194.3 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro Sulfat 250 mg/l dan variasi Flokulan 5 sampai 10 mg/l.

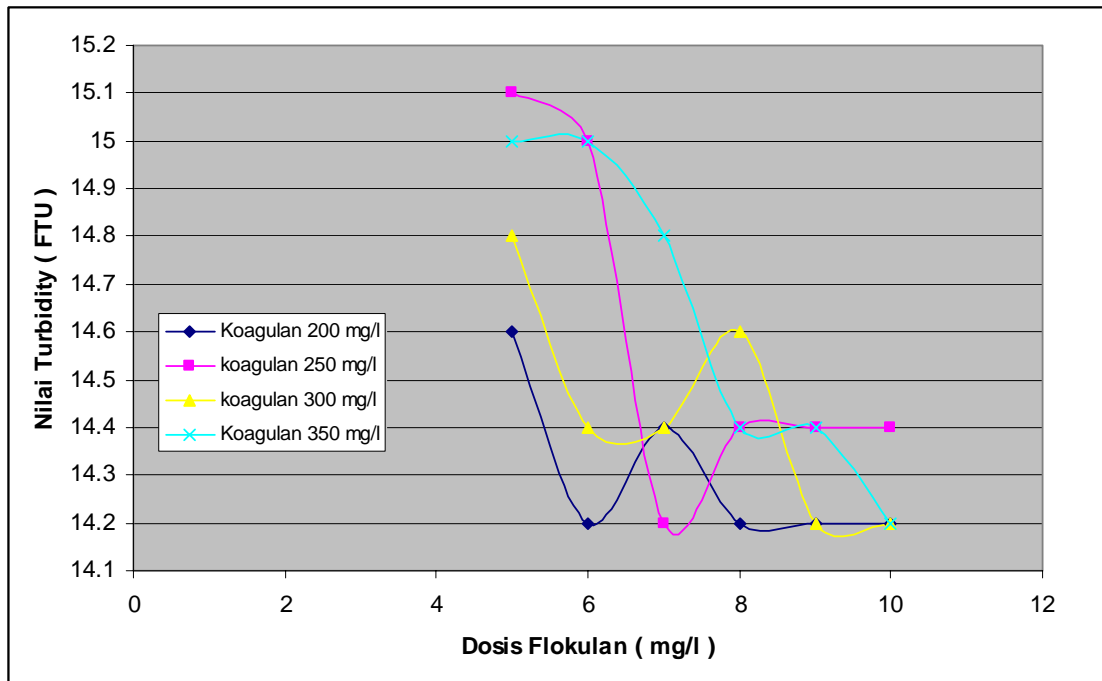
Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
5	mg/l	194.3	15.1	179.2	92.2
6	mg/l	194.3	15.0	179.3	92.3
7	mg/l	194.3	14.2	180.1	92.7
8	mg/l	194.3	14.4	179.9	92.6
9	mg/l	194.3	14.4	179.9	92.6
10	mg/l	194.3	14.4	179.9	92.6

Tabel 4.27. Influen Air limbah dengan turbidity 194.3 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro Sulfat 300 mg/l dan variasi Flokulan 5 sampai 10 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
5	mg/l	194.3	14.8	179.5	92.4
6	mg/l	194.3	14.4	179.9	92.6
7	mg/l	194.3	14.4	179.9	92.6
8	mg/l	194.3	14.6	179.7	92.5
9	mg/l	194.3	14.2	180.1	92.7
10	mg/l	194.3	14.2	180.1	92.7

Tabel 4.28. Influen Air limbah dengan turbidity 194.3 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro Sulfat 350 mg/l dan variasi Flokulan 5 sampai 10 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Teatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
5	mg/l	194.3	15.0	179.3	92.3
6	mg/l	194.3	15.0	179.3	92.3
7	mg/l	194.3	14.8	179.5	92.4
8	mg/l	194.3	14.4	179.9	92.6
9	mg/l	194.3	14.4	179.9	92.6
10	mg/l	194.3	14.2	180.1	92.7



Gambar L-5. Nilai turbidity terhadap variasi Koagulan Ferro sulfat 200 – 350 mg/l, variasi Flokulan 5 – 10 mg/l.dengan turbidity awal 194.3 FTU diproses pada pH = 7

Tabel 4.29. Influen Air limbah dengan turbidity 188.5 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro Sulfat 200 mg/l dan variasi Flokulan 5 sampai 10 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
5	mg/l	188.5	14.3	174.2	92.4
6	mg/l	188.5	14.1	174.4	92.5
7	mg/l	188.5	13.9	174.6	92.6
8	mg/l	188.5	13.8	174.7	92.7
9	mg/l	188.5	13.8	174.7	92.7
10	mg/l	188.5	13.8	174.7	92.7

Tabel 4.30. Influen Air limbah dengan turbidity 188.5 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro Sulfat 250 mg/l dan variasi Flokulan 5 sampai 10 mg/l.

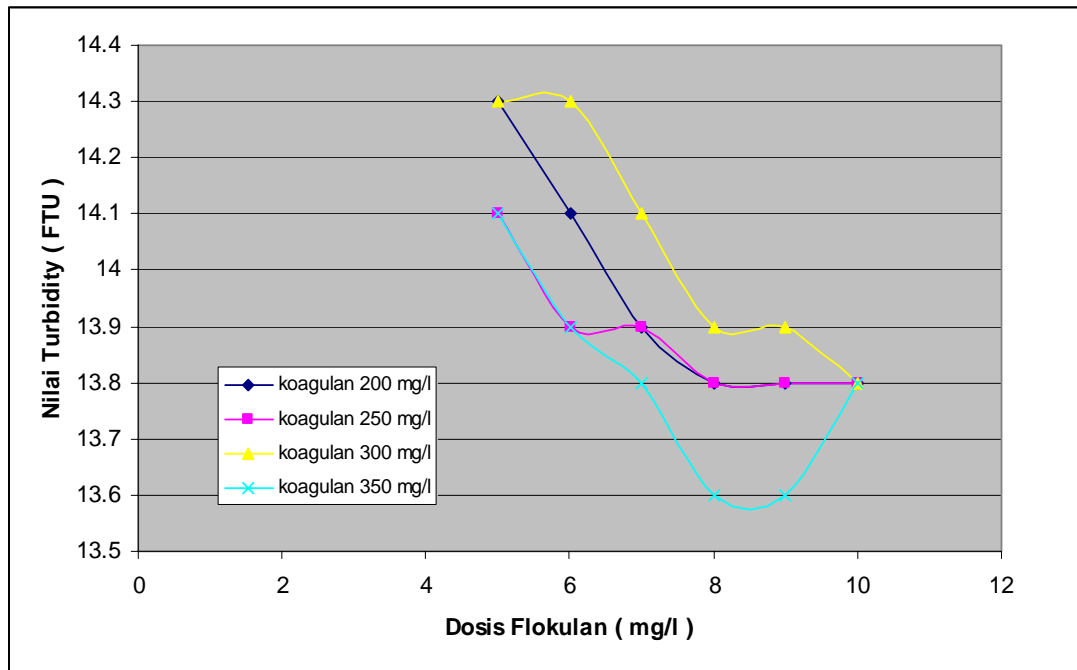
Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
5	mg/l	188.5	14.1	174.4	92.5
6	mg/l	188.5	13.9	174.6	92.6
7	mg/l	188.5	13.9	174.6	92.6
8	mg/l	188.5	13.8	174.7	92.7
9	mg/l	188.5	13.8	174.7	92.7
10	mg/l	188.5	13.8	174.7	92.7

Tabel 4.31. Influen Air limbah dengan turbidity 188.5 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro Sulfat 300 mg/l dan variasi Flokulan 5 sampai 10 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
5	mg/l	188.5	14.3	174.2	92.4
6	mg/l	188.5	14.3	174.2	92.4
7	mg/l	188.5	14.1	174.4	92.5
8	mg/l	188.5	13.9	174.6	92.6
9	mg/l	188.5	13.9	174.6	92.6
10	mg/l	188.5	13.8	174.7	92.7

Tabel 4.32. Influen Air limbah dengan turbidity 188.5 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro Sulfat 350 mg/l dan variasi Flokulan 5 sampai 10 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
5	mg/l	188.5	14.1	174.4	92.5
6	mg/l	188.5	13.9	174.6	92.6
7	mg/l	188.5	13.8	174.7	92.7
8	mg/l	188.5	13.6	174.9	92.8
9	mg/l	188.5	13.6	174.9	92.8
10	mg/l	188.5	13.8	174.7	92.7



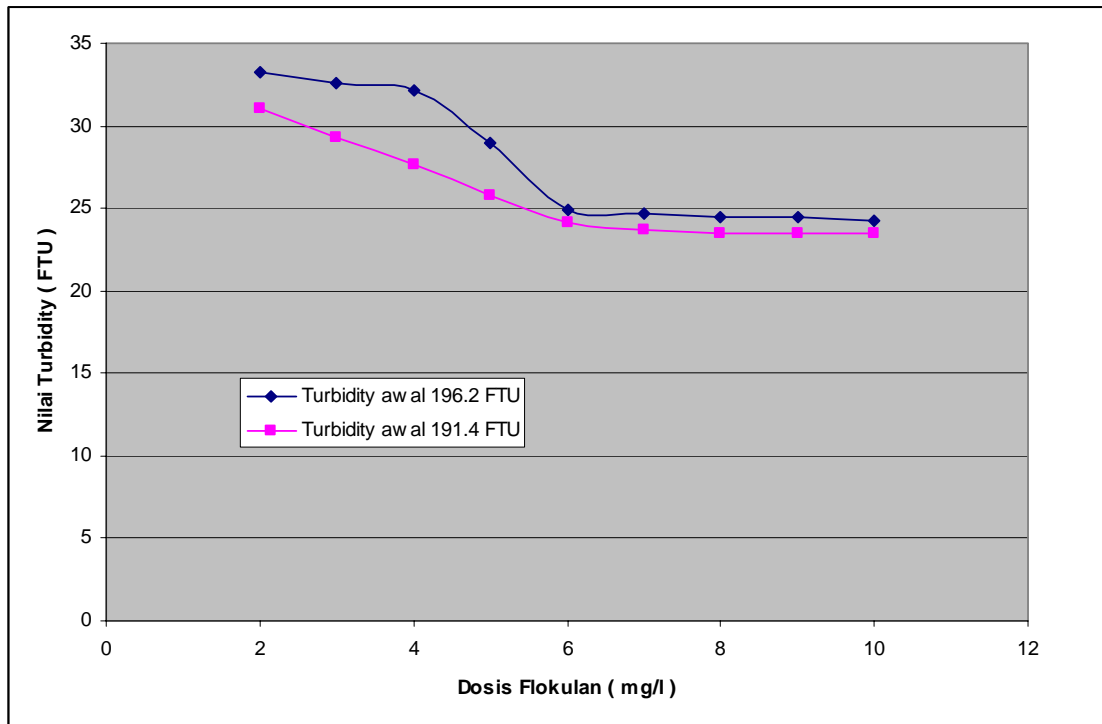
Gambar L-6. Nilai turbidity terhadap variasi Koagulan Ferro sulfat 200 – 350 mg/l, variasi Flokulan 5 – 10 mg/l.dengan turbidity awal 188.5 FTU diproses pada pH = 7

4.33. Influen Air limbah dengan turbidity 196.2 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 100 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 10 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	196.2	33.2	163.0	83.1
3	mg/l	196.2	32.6	163.6	83.4
4	mg/l	196.2	32.2	164.0	84.6
5	mg/l	196.2	29.0	167.2	85.2
6	mg/l	196.2	24.9	171.3	87.3
7	mg/l	196.2	24.7	171.5	87.4
8	mg/l	196.2	24.5	171.7	87.5
9	mg/l	196.2	24.5	171.7	87.5
10	mg/l	196.2	24.3	171.9	87.6

4.34. Influen Air limbah dengan turbidity 191.4 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 100 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 10 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	191.4	31.0	160.4	83.8
3	mg/l	191.4	29.3	162.1	84.7
4	mg/l	191.4	27.6	163.8	85.6
5	mg/l	191.4	25.8	165.6	86.5
6	mg/l	191.4	24.1	167.3	87.4
7	mg/l	191.4	23.7	167.7	87.6
8	mg/l	191.4	23.5	167.9	87.7
9	mg/l	191.4	23.5	167.9	87.7
10	mg/l	191.4	23.5	167.9	87.7



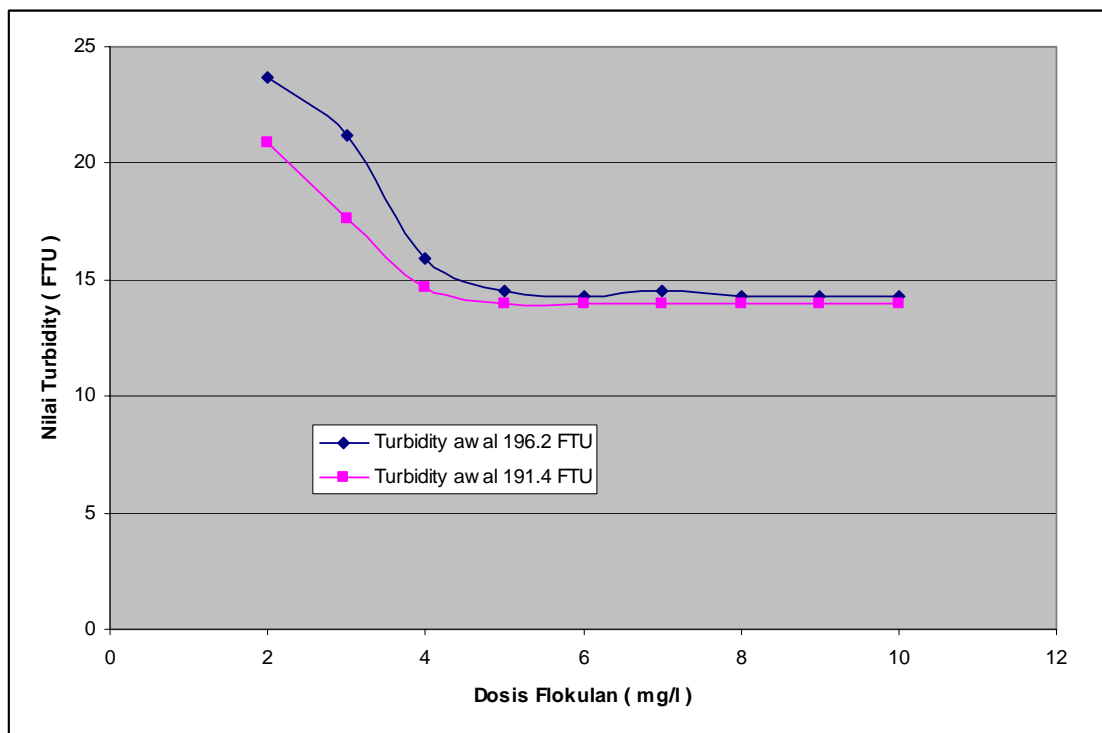
Gambar L-7. Nilai turbidity terhadap Koagulan Ferro sulfat 100 mg/l, variasi Flokulan 2 sampai 10 mg/l dengan turbidity awal 196.2 dan 191.4 FTU diproses pada pH = 7

4.35. Influen Air limbah dengan turbidity 196.2 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 200 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 10 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	196.2	23.7	172.5	87.9
3	mg/l	196.2	21.2	175.0	89.2
4	mg/l	196.2	15.9	180.3	91.9
5	mg/l	196.2	14.5	181.7	92.6
6	mg/l	196.2	14.3	181.9	92.7
7	mg/l	196.2	14.5	181.7	92.6
8	mg/l	196.2	14.3	181.9	92.7
9	mg/l	196.2	14.3	181.9	92.7
10	mg/l	196.2	14.3	181.9	92.7

4.36. Influen Air limbah dengan turbidity 191.4 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 200 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 10 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	191.4	20.9	170.5	89.1
3	mg/l	191.4	17.6	173.8	90.8
4	mg/l	191.4	14.7	176.7	92.3
5	mg/l	191.4	14.0	177.4	92.7
6	mg/l	191.4	14.0	177.4	92.7
7	mg/l	191.4	14.0	177.4	92.7
8	mg/l	191.4	14.0	177.4	92.7
9	mg/l	191.4	14.0	177.4	92.7
10	mg/l	191.4	14.0	177.4	92.7



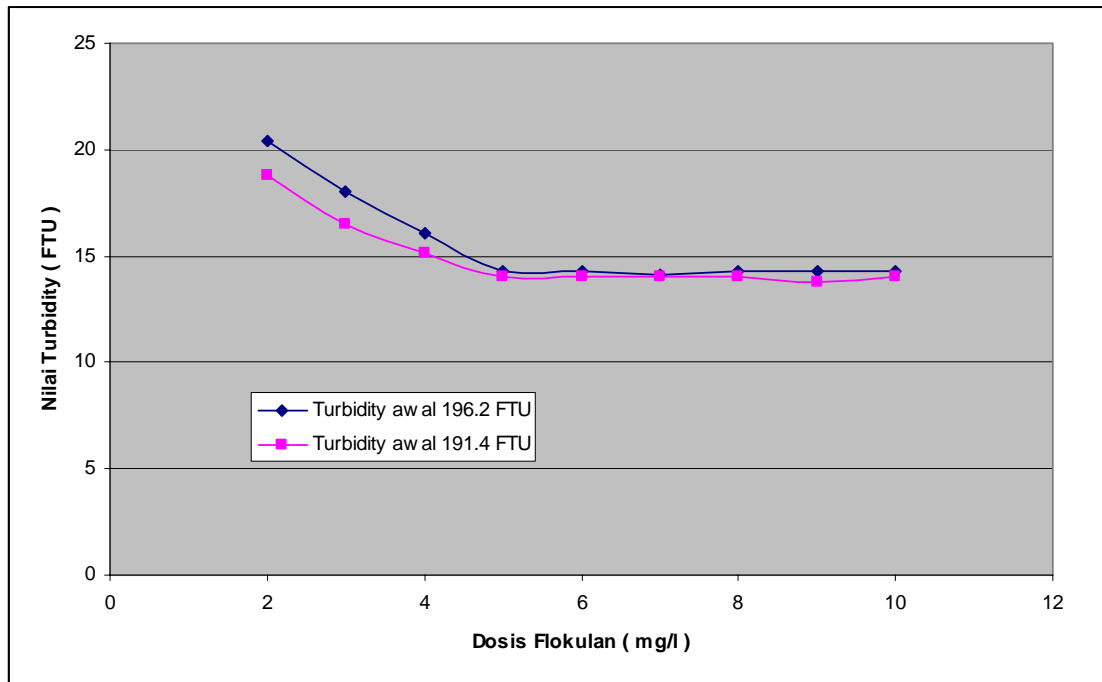
Gambar L-8. Nilai turbidity terhadap Koagulan Ferro sulfat 200 mg/l, variasi Flokulan 2 sampai 10 mg/l dengan turbidity awal 196.2 dan 191.4 FTU diproses pada pH = 7

4.37. Influen Air limbah dengan turbidity 196.2 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 300 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 10 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	196.2	20.4	175.8	89.6
3	mg/l	196.2	18.0	178.2	90.8
4	mg/l	196.2	16.1	180.1	91.8
5	mg/l	196.2	14.3	181.9	92.7
6	mg/l	196.2	14.3	181.9	92.7
7	mg/l	196.2	14.1	182.1	92.8
8	mg/l	196.2	14.3	181.9	92.7
9	mg/l	196.2	14.3	181.9	92.7
10	mg/l	196.2	14.3	181.9	92.7

4.38. Influen Air limbah dengan turbidity 191.4 FTU diproses pada pH = 7, Koagulan Ferro sulfat 300 mg/l dan variasi Flokulan 2 sampai 10 mg/l.

Parameter	Satuan	Turbidity			
		Nilai Turbidity Sebelum Treatment (FTU)	Nilai Turbidity Setelah Treatment (FTU)	Selisih Penurunan Nilai Turbidity	% Penurunan Nilai Turbidity
Flokulan Kationik					
2	mg/l	191.4	18.8	172.6	90.2
3	mg/l	191.4	16.5	174.9	91.4
4	mg/l	191.4	15.1	176.3	92.1
5	mg/l	191.4	14.0	177.4	92.7
6	mg/l	191.4	14.0	177.4	92.7
7	mg/l	191.4	14.0	177.4	92.8
8	mg/l	191.4	14.0	177.4	92.7
9	mg/l	191.4	13.8	177.6	92.8
10	mg/l	191.4	14.0	177.4	92.7



Gambar L-9. Nilai turbidity terhadap Koagulan Ferro sulfat 200 mg/l, variasi Flokulan 2 sampai 10 mg/l dengan turbidity awal 196.2 dan 191.4 FTU diproses pada pH = 7

LAMPIRAN V

Harga bahan-bahan kimia untuk proses koagulasi flokulasi

Tertanggal 01 Juli 2007

No	Bahan	Satuan	Bentuk	Harga / satuan (Rp)	Keterangan
1.	Alumunium Sulfat	Kg	Serbuk	2.350	Koagulan
2.	Poly Alumunium Chloride	kg	Serbuk	10.000	Koagulan
3.	Fero Sulfat	Kg	Granular	3.500	Koagulan
4.	Trimer 6784	kg	Serbuk	67.500	Flokulan
5.	Polimer Kationik Polyethylene-Imine	Kg	Serbuk	33.000	Flokulan
6.	Polimer Anionic Polyacrylic Acid	kg	Serbuk	85.000	Flokulan
7.	NaOH 98%	Kg	Flake	5.000	pH
8.	Ca(OH) ₂	kg	Serbuk	4.000	pH