



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PENGOLAHAN *OUTLET EFFLUENT*  
*TREATMENT* IIIB AIR LIMBAH UNIT PRODUKSI  
III UNTUK MEMENUHI KRITERIA *RAW WATER*  
PROSES *SCRUBBING* PT PETROKIMIA GRESIK**

RODHIKA RACHMAWATI  
03211640000123

Dosen Pembimbing  
Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., PhD

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020





TUGAS AKHIR - RE 184804

**PENGOLAHAN *OUTLET EFFLUENT*  
*TREATMENT* IIIB AIR LIMBAH UNIT PRODUKSI  
III UNTUK MEMENUHI KRITERIA *RAW WATER*  
PROSES *SCRUBBING* PT PETROKIMIA GRESIK**

RODHIKA RACHMAWATI  
03211640000123

Dosen Pembimbing  
Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., PhD

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020



FINAL PROJECT - RE 184804

**PROCESSING OF IIIB EFFLUENT  
TREATMENT OUTLET WASTEWATER  
PRODUCTION UNIT III TO MEET CRITERIA  
OF RAW WATER SCRUBBING PROCESS PT  
PETROKIMIA GRESIK**

RODHIKA RACHMAWATI  
03211640000123

Supervisor  
Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., PhD

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020





## LEMBAR PENGESAHAN

**PENGOLAHAN *OUTLET EFFLUENT TREATMENT* IIIB AIR  
LIMBAH UNIT PRODUKSI III UNTUK MEMENUHI  
KRITERIA *RAW WATER* PROSES *SCRUBBING*  
PT PETROKIMIA GRESIK**

### TUGAS AKHIR

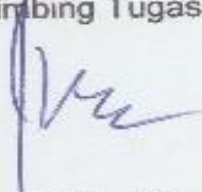
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memenuhi Gelar Sarjana Teknik  
pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**RODHKA RACHMAWATI**  
NRP. 03211640000123

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



**Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD**  
NIP. 197111142003122001







**PENGOLAHAN *OUTLET EFFLUENT TREATMENT* IIIB AIR  
LIMBAH UNIT PRODUKSI III UNTUK MEMENUHI  
KRITERIA *RAW WATER* PROSES *SCRUBBING*  
PT PETROKIMIA GRESIK**

Nama Mahasiswa : Rodhika Rachmawati  
NRP : 03211640000123  
Departemen : Teknik Lingkungan FTSPK ITS  
Pembimbing : Ipung Fitri Purwanti ST., MT., PhD.

**ABSTRAK**

PT Petrokimia Gresik Unit Pabrik III menghasilkan air limbah yang mayoritas kandungannya berupa fosfat dan fluor. Pada penelitian ini, pengambilan sampel dilakukan di *Treated Water Effluent Treatment* IIIB Unit Produksi III. *Treated Water* belum dimanfaatkan meskipun memiliki potensi untuk dimanfaatkan kembali sebagai *raw water* dalam proses *scrubbing* di unit *Wet Scrubber* Unit Produksi II.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan dosis optimum koagulan utama aluminium sulfat dan koagulan pendukung kapur aktif atau PAC agar menghasilkan air untuk proses *scrubbing*, dilanjutkan dengan membuat *Detail Engineering Design* unit pengolahan dan menyusun RAB.

Dari penelitian ini diketahui bahwa parameter air untuk *scrubbing* yang belum memenuhi kriteria yang telah ditetapkan adalah COD, fluor, dan TSS. Untuk menurunkan konsentrasi parameter tersebut, dilakukan koagulasi dengan dosis optimum aluminium sulfat dan kapur aktif masing-masing dengan konsentrasi 50 – 60 mg/L. Selain itu juga dihasilkan 2 unit koagulasi, 1 unit flokulasi, dan 2 unit sedimentasi masing-masing mempunyai volume efektif 4,7 m<sup>3</sup>, 2,2 m<sup>3</sup>, 23,4 m<sup>3</sup>, dan 60 m<sup>3</sup>. Biaya yang diperlukan untuk pembangunan Rp 571.926.410 serta untuk biaya operasional berada dalam range Rp 2.617161.360 – Rp 3.001.720.700/tahun.

**Kata kunci:** *Jar Test*, Koagulan, Air Limbah Industri Pupuk, *Scrubbing*.



**PROCESSING OF IIIB EFFLUENT TREATMENT OUTLET  
WASTEWATER PRODUCTION UNIT III TO MEET  
CRITERIA OF RAW WATER SCRUBBING PROCESS  
PT PETROKIMIA GRESIK**

Student Name : Rodhika Rachmawati  
ID Number : 03211640000123  
Departement : Teknik Lingkungan FTSPK ITS  
Supervisor : Ipung Fitri Purwanti ST., MT., PhD.

**ABSTRACT**

PT Petrokimia Gresik Plant Unit III produces wastewater, the majority of which is phosphate and fluoride. In this study, sampling was conducted at Treated Water Effluent Treatment IIIB Production Unit III. Treated Water has not been utilized even though it has the potential to be reused as raw water in the scrubbing process in the Wet Scrubber Production Unit II.

The purpose of this study was to determine the optimum dosage of aluminum sulphate main coagulant and active lime supporting coagulant or PAC to produce water for scrubbing process, followed by making the Detail Engineering Design of the processing unit and preparing the budget plan.

From this study it is known that the water parameters for scrubbing that do not meet established criteria are COD, fluorine, and TSS. To reduce the concentration of these parameters, coagulation was carried out with optimum doses of aluminum sulfate and active lime each with a concentration of 50 - 60 mg / L. In addition, 2 coagulation units, 1 flocculation unit, and 2 sedimentation units were produced, each having an effective volume of 4.7 m<sup>3</sup>, 2.2 m<sup>3</sup>, 23.4 m<sup>3</sup>, and 60 m<sup>3</sup>. Costs needed for the construction of Rp 571,926,410 and for operational costs in the range of Rp 2,617,161,360 - Rp 3,001,720,700/year.

**Keywords: Jar Test, Coagulant, Fertilizer Industry Waste Water, Scrubbing.**



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengolahan Outlet *Effluent Treatment* IIIB Air Limbah Unit Produksi III untuk memenuhi kriteria *Raw Water* Proses *Scrubbing* PT Petrokimia Gresik” tepat pada waktunya. Laporan ini dibuat dalam rangka memenuhi persyaratan mata kuliah Tugas Akhir S1 Teknik Lingkungan FTSPK ITS. Dalam penyusunan laporan, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, terima kasih atas kesediaan, kesabaran, bimbingan dan ilmu yang diberikan.
2. Bapak Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D, Bapak Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phill., Ph.D, dan Bapak Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., M.T., selaku dosen pengarah Tugas Akhir, terima kasih atas saran serta bimbingannya.
3. Bapak Welly Herumurti, S.T., M.Sc dan Ibu Harmin Sulistyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D, selaku koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS. Terima kasih atas kebijakan dan kesabarannya dalam mengurus Tugas Akhir.
4. Ibu Verona Amalia, Bapak Azim, Bapak Bagus, serta segenap pekerja industri PT Petrokimia Gresik yang telah mengizinkan dan membantu pengambilan data di perusahaan.
5. Orang tua penulis, Bapak Danang Warsito dan Ibu Siti Nurnaeni yang selalu ikhlas mendoakan dan mendukung penulis baik secara moril maupun materiil sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Kakak-kakak penulis, Tehnikha Hakim Puspitasari dan Andi Hakim Kusuma, terima kasih atas do'a, dukungan, serta semangat yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Teman-teman terutama untuk Annisa Deaneke, mbak Misel, mbak Fili, mas Raka, mas Bagus, mas Valianto,

mas Danda, dan mas Dea yang telah memberikan bantuan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

8. Teman-teman angkatan 2016 yang selalu memberikan bantuan dan semangat kepada penulis.

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini telah diusahakan semaksimal mungkin. Namun penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk memperbaiki penulisan dikemudian hari. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Air Limbah Industri .....	7
2.1.1 Pengertian Air Limbah Industri .....	7
2.1.2 Sifat dan Karakteristik Air Limbah .....	7
2.2 Pengolahan Air Limbah di PT Petrokimia Gresik.....	8
2.3 Karakteristik Limbah di PT Petrokimia Gresik.....	9
2.4 Kualitas Air dalam Proses <i>Scrubbing</i> .....	13
2.5 Unit Pengolahan Koagulasi Flokulasi .....	14
2.6 Metode <i>Jar Test</i> .....	21
2.7 Jenis-Jenis Koagulan.....	23
2.8 Gambaran Umum Objek Perencanaan .....	29
2.8.1 Sumber Limbah Cair.....	30
2.8.2 Kondisi Eksisting WWTP <i>Effluent</i> <i>Treatment</i> Unit Produksi III .....	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	43
3.1 Kerangka Penelitian.....	43
3.2 Waktu dan Tempat Studi .....	46





3.3	Metode Penelitian .....	46
3.3.1	Identifikasi Masalah .....	46
3.3.2	Studi Literatur .....	47
3.3.3	Pengumpulan Data .....	47
3.3.4	Hasil dan Pembahasan.....	50
3.3.5	Kesimpulan dan Saran .....	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		59
4.1	Karakteristik Air Limbah.....	59
4.2	Penentuan Jenis dan Dosis Optimum	
	Koagulan.....	61
4.2.1	Percobaan <i>Jar Test</i> Sampel Konsentrasi Tertinggi	
	dengan Koagulan Aluminium	
	Sulfat dan Kapur Aktif .....	62
4.2.2	Percobaan <i>Jar Test</i> Sampel Konsentrasi Tertinggi	
	dengan Koagulan Aluminium	
	Sulfat dan PAC .....	71
4.2.3	Percobaan <i>Jar Test</i> Sampel Konsentrasi Terendah	
	dengan Koagulan Aluminium	
	Sulfat dan Kapur Aktif .....	81
4.2.4	Percobaan <i>Jar Test</i> Sampel Konsentrasi Terendah	
	dengan Koagulan Aluminium	
	Sulfat dan PAC .....	90
4.3	Perencanaan Unit Pengolahan <i>Treated</i>	
	<i>Water</i> .....	106
4.3.1	Perencanaan Unit Koagulasi I .....	106
4.3.2	Perencanaan Unit Koagulasi 2 .....	112
4.3.3	Perencanaan Unit Flokulasi.....	116
4.3.4	Perencanaan Unit Sedimentasi .....	118
4.4	Analisis BOQ dan RAB .....	132
4.4.1	Pembangunan Unit Koagulasi 1 .....	132
4.4.2	Pembangunan Unit Koagulasi 2 .....	135
4.4.3	Pembangunan Unit Flokulasi.....	138
4.4.4	Pembangunan Unit Sedimentasi .....	140
4.4.5	Rekapitulasi Total Biaya Pembangunan dan	
	Operasional .....	144



BAB V PENUTUP .....	145
5.1 Kesimpulan .....	145
5.2 Saran.....	145
DAFTAR PUSTAKA.....	147
LAMPIRAN A .....	155
LAMPIRAN B .....	163
LAMPIRAN C .....	171
LAMPIRAN D .....	203
LAMPIRAN E .....	219
LAMPIRAN F.....	237



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Air Limbah outlet Unit Produksi III PT Petrokimia Gresik.....	11
Tabel 2.2	Kriteria Air untuk Scrubbing .....	13
Tabel 2.3	Kriteria Desain Pengadukan Cepat.....	16
Tabel 2.4	Kriteria Desain Pengadukan Lambat .....	16
Tabel 2.5	Kriteria Impeller .....	18
Tabel 2.6	Konstanta $K_T$ dan $K_L$ setiap Jenis Impeller .....	20
Tabel 2.7	Kebutuhan Alkalinitas dari Berbagai Koagulan...	28
Tabel 2.8	Jumlah Alkalinitas pada Berbagai Bahan Kimia .	28
Tabel 2.9	Hasil Pengukuran Acidic Water .....	30
Tabel 2.10	Kualitas Neutralized Water .....	34
Tabel 2.11	Kualitas Treated Water .....	35
Tabel 3.1	Metode Analisis Parameter Air Limbah.....	49
Tabel 3.2	Spesifikasi Bahan Kimia yang Digunakan dalam Penelitian.....	51
Tabel 3.3	Kebutuhan Bahan Kimia sebagai Larutan Stok .....	52
Tabel 3.4	Variasi Dosis Penambahan Koagulan .....	55
Tabel 4.1	Hasil Analisis Outlet Treated Water pada Sampling Pertama.....	59
Tabel 4.2	Hasil Analisis Outlet Treated Water pada Sampling Kedua.....	59
Tabel 4.3	Hasil Analisis Outlet Treated Water pada Sampling Ketiga .....	60
Tabel 4.4	Hasil Analisis Outlet Treated Water pada Sampling Keempat.....	60
Tabel 4.5	Hasil Analisis Outlet Treated Water pada Sampling Kelima .....	61
Tabel 4.6	Hasil Penentuan Dosis Optimum Koagulan untuk Treated Water pada Sampel Pertama .....	99
Tabel 4.7	Hasil Penentuan Dosis Optimum Koagulan untuk Treated Water pada Sampel Kedua.....	100
Tabel 4.8	Perhitungan Kebutuhan dan Biaya Koagulan pada Sampel Pertama .....	105



Tabel 4.9 Perhitungan Kebutuhan dan Biaya Koagulan pada Sampel Kedua.....	105
Tabel 4.10 Kriteria Impeller .....	107
Tabel 4.11 Kriteria Impeller .....	113
Tabel 4.12 Kriteria Unit Sedimentasi (Bak Pengendap) .....	120
Tabel 4.13 HSPK Bangunan Unit Koagulasi 1.....	133
Tabel 4.14 HSPK Bangunan Unit Koagulasi 2.....	136
Tabel 4.15 HSPK Bangunan Pengolahan Flokulasi .....	139
Tabel 4.16 HSPK Bangunan Pengolahan Sedimentasi.....	140
Tabel 4.17 Total Biaya Pembangunan.....	144
Tabel 4.18 Total Biaya Operasional per Tahun .....	144





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Pengolahan Air Limbah PT Petrokimia Gresik .....	10
Gambar 2.2	Proses Koagulasi Flokulasi .....	15
Gambar 2.3	Jenis Pengaduk Tipe Paddle.....	17
Gambar 2.4	Jenis Pengaduk Tipe Turbine.....	17
Gambar 2.5	Jenis Pengaduk Tipe Propeller .....	18
Gambar 2.6	Lokasi Industri PT Petrokimia Gresik .....	38
Gambar 2.7	Layout Pengolahan Treated Water .....	39
Gambar 2.8	Lokasi Unit Pengolahan Treated Water .....	40
Gambar 2.9	Diagram Alir Effluent Treatment IIIB.....	41
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian.....	45
Gambar 3.2	Lokasi Pengambilan Sampel.....	49
Gambar 4.1	Kekeruhan pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif.....	63
Gambar 4.2	Efisiensi Removal Kekeruhan pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif.....	63
Gambar 4.3	TSS pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif .....	65
Gambar 4.4	Efisiensi Removal TSS pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif.....	65
Gambar 4.5	COD pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif .....	67
Gambar 4.6	Efisiensi Removal COD pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif.....	67
Gambar 4.7	pH pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif .....	69



Gambar 4.8	F pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif.....	70
Gambar 4.9	Efisiensi Removal F pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif .....	70
Gambar 4.10	Kekeruhan pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC.....	72
Gambar 4.11	Efisiensi Removal Kekeruhan pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC .....	73
Gambar 4.12	TSS pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC.....	74
Gambar 4.13	Efisiensi Removal TSS pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC .....	74
Gambar 4.14	COD pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC.....	76
Gambar 4.15	Efisiensi Removal COD pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC .....	76
Gambar 4.16	pH pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC.....	78
Gambar 4.17	F pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC.....	79
Gambar 4.18	Efisiensi Removal F pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC .....	79
Gambar 4.19	Kekeruhan pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif .....	82
Gambar 4.20	Efisiensi Removal Kekeruhan pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif.....	82
Gambar 4.21	TSS pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif.....	83



Gambar 4.22	Efisiensi Removal TSS pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif.....	84
Gambar 4.23	COD pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif.....	85
Gambar 4.24	Efisiensi Removal COD pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif.....	86
Gambar 4.25	pH pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif.....	87
Gambar 4.26	F pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif.....	88
Gambar 4.27	Efisiensi Removal F pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif .....	89
Gambar 4.28	Kekeruhan pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC.....	91
Gambar 4.29	Efisiensi Removal Kekeruhan pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC .....	91
Gambar 4.30	TSS pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC.....	92
Gambar 4.31	Efisiensi Removal TSS pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC .....	93
Gambar 4.32	COD pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC.....	94
Gambar 4.33	Efisiensi Removal COD pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC .....	95
Gambar 4.34	pH pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC.....	96
Gambar 4.35	F pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC.....	97



Gambar 4.36	Efisiensi Removal F pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC .....	98
Gambar 4.37	Bentuk-Bentuk Tube Settler .....	119

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

PT Petrokimia Gresik merupakan anak perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) di bidang agraris penghasil pupuk terbesar dan terlengkap di Indonesia tepatnya di Gresik, Jawa Timur. PT Petrokimia Gresik memproduksi berbagai jenis produk seperti pupuk ZA, NPK, Urea dan produk samping berupa bahan-bahan kimia (Kurniati et al., 2019). PT Petrokimia Gresik dalam melakukan proses produksi selain menghasilkan pupuk pasti dalam prosesnya menggunakan bahan baku berupa bahan-bahan kimia yang kemudian akan menghasilkan buangan atau limbah. Salah satu limbah yang dihasilkan oleh PT Petrokimia Gresik yaitu limbah cair. Limbah adalah sisa dari suatu usaha atau kegiatan. Limbah berbahaya dan beracun adalah sisa suatu usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan beracun yang karena sifat, konsentrasi, dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan, merusak lingkungan hidup, atau membahayakan lingkungan hidup manusia serta makhluk hidup (Suharto, 2010).

Limbah cair tersebut diolah terlebih dahulu di Instalasi Pengolahan Air Limbah pada tiap unit. Menurut (Fitria, 2011), pengolahan limbah cair yang telah dihasilkan dari produksi diolah dengan unit *Effluent Treatment* dan unit *Advanced Treatment* dilakukan hingga hasil *outlet* memenuhi kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya. Proses pengolahan limbah cair di unit *Effluent Treatment* ada 2 tahap yaitu *primary* dan *secondary treatment*. Selain unit pengolahan limbah cair, PT Petrokimia Gresik juga memiliki fasilitas pengendali emisi gas di setiap produksi, diantaranya *bag filter*, *cyclonic separator*, *dust collector*, *electric precipitator*, *wet scrubber*, dll (Trisnaningtyas dan Rochmatuz, 2016). Sistem *scrubber* adalah kumpulan alat pengendali pencemar udara yang digunakan untuk

membuang partikel atau gas dari arus gas keluaran industri dengan cara menyemprotkan *cairan* pencuci untuk membuang polutan (Khairumizan, 2008). Adapun komponen-komponen utama dari limbah cair yang dihasilkan oleh PT Petrokimia Gresik adalah Nitrogen, Fluorida, Fosfat, dan Partikel Padat (*Gypsum*) (Kusmayanti dan Febriani, 2013).

Kandungan fluorida yang ada di dalam air limbah dihasilkan dari berbagai industri, salah satunya adalah industri pupuk (Kau *et al.*, 1998). Kandungan fluorida dalam jumlah yang berlebih dapat mengakibatkan pencemaran badan air, khususnya jika badan air tersebut digunakan sebagai air baku (*raw water*). Kelebihan fluorida yang masuk ke dalam tubuh manusia juga dapat menyebabkan fluorosis pada gigi dan tulang (Meenakshi dan Maheshwari, 2006). Selain itu, kelebihan fluorida juga berpotensi penurunan kadar hemoglobin (hb) dalam darah, deformities atau kelainan tulang kaki, sakit kepala, bercak-bercak pada kulit, dan penyakit syaraf (Kau *et al.*, 1998). Selain berbahaya bagi kesehatan tubuh manusia, limbah yang mengandung fluorida jika dibuang ke laut akan memiliki dampak buruk bagi proses pertumbuhan biota laut (Gatti, 2011).

Penurunan kadar fluorida dalam air dapat dilakukan dengan cara menambahkan alum, kapur aktif, dan PAC (Riskianto, 2016). Selain komponen-komponen utama dari limbah cair yang dihasilkan PT Petrokimia Gresik, dalam air limbah industri pupuk juga terdapat kandungan *Total Suspended Solid*. *Total Suspended Solid* (TSS) dapat menyebabkan kekeruhan air. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya. Padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi sinar/cahaya ke dalam air sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis (Fardiaz, 2006). Penambahan PAC dan kapur aktif selain dapat menurunkan kandungan fluorida juga mampu menurunkan kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) di dalam air

limbah (Tandiarrang *et al.*, 2016). Penurunan kandungan TSS berpengaruh juga terhadap penurunan kandungan COD. Menurut Arum (2018), hasil uji air limbah bersifat fluktuatif karena dipengaruhi oleh proses produksi yang dilakukan tergantung dari unit pabrik mana yang sedang melakukan proses produksi. Berbagai penelitian terdahulu telah dilakukan untuk menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh serta metode yang tepat untuk menetralkan pH dan menurunkan kandungan COD, fluorida, dan TSS. Faktor yang berpengaruh diantaranya penambahan koagulan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh dosis penambahan alum, kapur aktif, dan PAC untuk mengatur kestabilan pH dalam keadaan netral dan mengurangi kadar fluorida dan TSS pada limbah cair PT Petrokimia Gresik yang dapat dimanfaatkan kembali sebagai *raw water* di unit *wet scrubber*. Pengurangan kadar fluorida dan TSS pada limbah cair dibutuhkan agar tidak menyumbat aliran *spray* di *wet scrubber*. Penelitian skala laboratorium dibutuhkan sebagai bahan pertimbangan sebelum diaplikasikan di skala lapangan. Oleh karena itu diperlukan studi lebih lanjut mengenai penyisihan fluorida dan TSS dari limbah cair PT Petrokimia Gresik dengan pemanfaatan bahan pendukung koagulan yaitu PAC atau kapur aktif.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan masalah yang dapat menjadi dasar penelitian ini:

1. Berapa dosis optimum alum sebagai koagulan utama yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar fluorida, COD, dan TSS dalam limbah cair PT Petrokimia Gresik agar memenuhi standar untuk air *scrubbing*?
2. Berapa dosis optimum kapur aktif atau PAC sebagai koagulan yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar fluorida, COD, dan TSS dalam limbah cair PT

Petrokimia Gresik agar memenuhi standar untuk air *scrubbing*?

3. Bagaimana *Detail Engineering Design* dan Rencana Anggaran Biaya unit pengolahan *Treated Water*?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menentukan dosis optimum alum sebagai koagulan utama yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar fluorida, COD, dan TSS dalam limbah cair PT Petrokimia Gresik agar memenuhi standar untuk air *scrubbing*.
2. Menentukan dosis optimum PAC atau kapur aktif sebagai koagulan kedua yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar fluorida, COD, dan TSS dalam limbah cair PT Petrokimia Gresik agar memenuhi standar untuk air *scrubbing*.
3. Merencanakan *Detail Engineering Design* dan Rencana Anggaran Biaya unit pengolahan *Treated Water*.

### **1.4 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Air limbah yang digunakan sebagai sampel adalah air limbah pabrik PT Petrokimia Gresik outlet *Effluent Treatment IIIB*.
2. Penelitian dilakukan untuk menentukan jenis koagulan dan dosis optimum yang efektif untuk mengolah air limbah dengan metode *jar test*.
3. Koagulan utama yang digunakan untuk penelitian adalah aluminium sulfat dan koagulan pendukung yang digunakan yaitu PAC atau kapur aktif.
4. Parameter utama yang diukur adalah TSS, pH, COD, kekeruhan, dan  $F^-$ .
5. Variabel yang digunakan adalah jenis koagulan pendukung dan variasi penambahan dosis koagulan utama dan koagulan aid.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan rekomendasi alternatif pengolahan untuk penurunan kadar fluorida, COD, kekeruhan, dan TSS pada air limbah PT Petrokimia Gresik sehingga dihasilkan *raw water* sesuai dengan kriteria yang berlaku.
2. Memberikan rekomendasi alternatif hasil pengolahan berupa *raw water* sebagai cairan pencuci di unit *wet scrubber* pabrik II sehingga dapat meningkatkan keuntungan bagi PT Petrokimia Gresik.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Air Limbah Industri**

#### **2.1.1 Pengertian Air Limbah Industri**

Definisi dari air limbah industri adalah air buangan yang berasal dari hasil samping suatu proses produksi dari sebuah perindustrian (Palar, 2008). Menurut Mulia (2005), air limbah industri terbentuk akibat adanya pemakaian air dalam proses produksi dari sebuah industri. Di industri, air umumnya memiliki beberapa fungsi berikut:

1. Sebagai air pendingin yang berfungsi untuk memindahkan panas yang terjadi dari proses industri
2. Sebagai transportasi produk atau bahan baku
3. Sebagai air proses
4. Untuk mencuci dan membilas produk, gedung, dan instalasi.

#### **2.1.2 Sifat dan Karakteristik Air Limbah**

Menurut Risdianto (2007), untuk mengetahui lebih lanjut mengenai air limbah maka perlu diketahui kandungan-kandungan yang ada di dalam air limbah dan sifat-sifatnya. Air limbah dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu sifat fisik, sifat kimia, dan sifat biologi.

##### **1. Sifat Fisik**

Sifat fisik sangat mudah dilihat untuk menentukan tercemar atau tidaknya air limbah karena dapat dilihat melalui kejernihan, warna, bau, dan temperatur. Salah satu faktor yang mempengaruhi sifat fisik adalah turbiditas atau kekeruhan.

##### **2. Sifat Kimia**

Kandungan zat kimia terpenting dalam air limbah dapat dikategorikan sebagai berikut:

###### **a. Bahan organik**

Air limbah yang memiliki pencemar dengan tingkat sedang mengandung sekitar 60% zat-zat yang terlarut dan 40% zat padat tersuspensi. Bahan organik di dalam limbah memiliki kandungan sebesar 40% - 60% protein; 25% - 50% karbohidrat, dan 10% berupa lemak.

###### **b. Bahan anorganik**

Zat organik yang memiliki peran penting di dalam air limbah adalah:

- pH
- Kadar khlor
- Alkalinitas
- Kadar sulphur
- Zat beracun
- Logam berat (Na, Mg, Cr, Cd, Zn, Cu, Fe, dan Hg)
- Fosfor
- Gas-gas  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_2$ , dan lain-lain
- Metan
- Nitrogen

c. pH

pH adalah penunjuk derajat asam-basa suatu cairan melalui konsentrasi ion hidrogen.

## **2.2 Pengolahan Air Limbah di PT Petrokimia Gresik**

PT Petrokimia Gresik merupakan industri pupuk terbesar dan terlengkap di Indonesia yang juga menghasilkan limbah dalam proses produksinya. Salah satu limbah yang dihasilkan ialah limbah cair yang apabila tidak diinventarisasikan dan dikelola dengan baik dapat menimbulkan dampak lingkungan (Pratama, 2015). PT Petrokimia Gresik menghasilkan air limbah yang berbeda-beda sesuai dengan unit produksinya. Unit produksi I terdiri atas pabrik amonium, urea, ZA I/III; unit produksi II terdiri atas pabrik SP-36 I/II dan Phonska; unit produksi III terdiri atas pabrik asam fosfat, asam sulfat, CR,  $\text{AlF}_3$ , dan ZA II (Hanani dan Muhammad, 2014). Pada prinsipnya, pengolahan air limbah memiliki tujuan untuk menurunkan pencemaran organik, membunuh patogen, menghilangkan bahan nutrisi dan komponen beracun, serta bahan yang tidak dapat didegradasi. Karena itu, perlu adanya pengolahan secara bertahap agar kandungan pencemar dapat tereduksi. Faktor-faktor pemilihan dalam mengkombinasi proses pengolahan limbah tergantung pada pertimbangan berikut:

1. Karakteristik limbah yang akan diolah
2. Kualitas efluen yang dibutuhkan
3. Biaya dan lahan yang tersedia



Berdasarkan (Ayu dan Suci, 2017), Unit Pabrik I dengan mayoritas kandungan air limbahnya ialah amonium dan Unit Pabrik II dengan mayoritas kandungan air limbahnya ialah fosfat dan fluor, memiliki unit pengolahan *Collecting Pit* sebagai unit pengumpul limbah cair yang selanjutnya dipompakan menuju unit pabrik untuk digunakan kembali dan Unit *Equalizer* untuk pengolahan lebih lanjut. Unit Pabrik III dengan mayoritas kandungan air limbahnya ialah fosfat dan fluor, memiliki unit pengolahan *Effluent Treatment* yang memiliki pengolahan lebih kompleks. Unit *Effluent Treatment* memiliki 3 tahap pengolahan yaitu *pre-treatment* (penampungan), *primary treatment* dan *secondary treatment* (fisik-kimawi), setelah itu, seluruh limbah akan dikumpulkan pada Unit *Equalizer*. Unit *Equalizer* merupakan unit pengolahan lanjut yang terdiri dari *open ditch*, injeksi kapur, dan bak pengendap (Pratama, 2015). Menurut (Fitria, 2011), sumber limbah cair di *Effluent Treatment*, yaitu air limbah dari unit aluminium Fluorida ( $AlF_3$ ) yang mempunyai kandungan  $PO_4$  50 mg/L dan Fluor 1625 mg/L, air limbah dari unit Asam Fosfat ( $H_3PO_4$ ) yang merupakan air dari proses produksi asam fosfat yang berlebih (*overflow*), dan air limbah dari unit Cement Retarder (CR) pada proses purifikasi yang mempunyai kandungan  $PO_4$  467 mg/L dan Fluor 3523 mg/L. Sedangkan sumber air limbah pada unit *Advanced Treatment*, yaitu limbah cair dari pabrik I, yang sebagian berasal dari air boiler karena bahan baku yang digunakan di pabrik I sebagian besar dari gas, limbah cair dari pabrik I, yang berasal dari proses produksi di pabrik II seperti air dari proses pembuatan SP-36, phonska dan ZK, limbah cair dari pabrik III, yang berasal dari unit *Effluent Treatment*. Adapun proses pengolahan air limbah PT Petrokimia Gresik dapat dilihat pada Gambar 2.1.

### **2.3 Karakteristik Limbah di PT Petrokimia Gresik**

Limbah yang dihasilkan oleh industri pupuk adalah limbah gas, cair, dan padat. Adapun karakteristik dari limbah yang dihasilkan, antara lain:

#### **1. Limbah Gas dan Kebisingan**

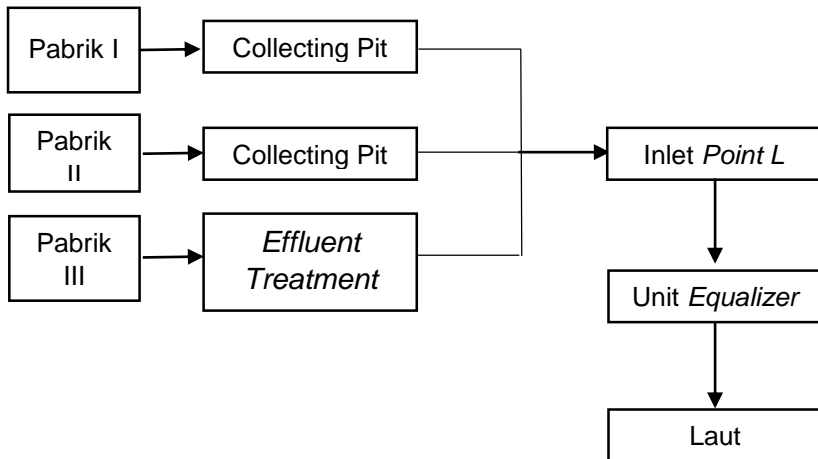
Limbah gas berasal dari emisi *boiler-boiler* dan *reformer* dari pabrik utilitas dan pabrik amoniak. Dapat diatasi dengan pengoperasian *boiler* sesuai SOP (*Standard Operation Procedure*) dan oksigen berlebih untuk pembakaran gas alam. Emisi gas  $NH_3$

dan debu dapat diatasi dengan pengendalian *dust separation system wet scrubber* dan penggantian filter secara berkala. Sumber kebisingan berasal dari pabrik utilitas, pabrik amoniak, dan pabrik urea yang dapat diatasi oleh para peerja dengan memakai alat penyumbat telinga (Fitria 2011; Hanani dan Muhammad, 2014; Kusumayanti dan Febriane, 2014).

## 2. Limbah cair

Karakteristik limbah cair mengandung amoniak dan urea yang berasal dari pabrik amoniak dan pabrik urea, selain itu limbah cair juga mengandung minyak yang berasal dari *compressor* dan pompa. Air limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah outlet *Effluent Treatment* PT Petrokimia Gresik.

Karakteristik air limbah PT Petrokimia Gresik disajikan pada Tabel 2.1.



**Gambar 2.1 Skema Pengolahan Air Limbah PT Petrokimia Gresik**

Sumber: Ayu dan Suci (2017)

**Tabel 2.1 Karakteristik Air Limbah outlet Unit Produksi III PT Petrokimia Gresik**

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Nilai</b>
pH	-	8,6
COD	mg/L	670
Ammonium	mg/L	12,283
Fosfat	mg/L	4,180
Magnesium	mg/L	0,1157
Kalsium	mg/L	0,0675
Fluorida	mg/L	942
PAC	mg/L	1,15
Aluminium Sulfat	mg/L	8,858
Alkalinitas	mg/L	5,280
Silika	mg/L	0,83

Sumber: Iswarani (2018)

Penjelasan lebih rinci mengenai parameter tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

a) pH

pH adalah derajat keasaman yang dapat digunakan untuk menunjukkan tingkat keasaman oleh suatu larutan. Kadar ideal pH normal pada air di suhu 25°C adalah 7. Pengukuran pH sangat penting dalam bidang industri pengolahan kimia seperti kimia, biologi, keteknikan, ilmu pangan, rekayasa, dan oseanografi (Zulius, 2017). Perubahan pH memiliki peran sebagai indikator bagi kualitas air akibat senyawa-senyawa kimia baik yang bersifat polutan maupun bukan polutan (Susana, 2009).

b) COD

COD merupakan banyaknya jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan seluruh bahan organik yang ada di dalam air (Sari *et al.*, 2015). Parameter COD menunjukkan jumlah senyawa organik yang dioksidasi secara kimia (Subari *et al.*, 2012). Untuk menentukan nilai COD perlu dilakukan oksidasi air limbah (senyawa organik) dengan  $K_2Cr_2O_7$  dalam suasana asam, seperti sulfat, nitrit kadar tinggi, dan zat-zat reduktor lainnya.

c) *Total Suspended Solid (TSS)*

TSS adalah padatan yang tersuspensi berupa bahan-bahan organik dan anorganik di dalam air yang disaring menggunakan kertas filter berpori-pori  $0,45 \mu m$  (Agustira *et al.*, 2013). Nilai TSS dalam air dapat diketahui dengan metode gravimetri. Gravimetri adalah metode pemeriksaan banyaknya zat dengan cara menimbang hasil reaksi pengendapan (Fatimah *et al.*, 2014).

d) Turbiditas

Menurut (Risdiyanto, 2007), penyebab turbiditas atau kekeruhan di dalam air adalah karena adanya zat yang tersuspensi. Turbiditas tidak memiliki hubungan langsung dengan zat padat tersuspensi hal itu disebabkan karena turbiditas bergantung pada ukuran dan bentuk partikel, namun zat padat tersuspensi bergantung pada zat yang tersuspensi tersebut. Adapun metode dalam mengukur turbiditas yaitu: Nefelometri, Hellige turbidimetri (kekeruhan silika), Visual turbidimetri, dan spektrofotometri. Menurut (Risdiyanto, 2007), faktor-faktor yang dapat menjadi pengganggu dalam pengukuran turbiditas adalah:

- 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.

e) Fluorida

Fluorida adalah golongan halogen yang memiliki kelarutan yang cukup tinggi terhadap logam alkali. Fluorid dari timbel,

tembaga, besi (III), barium, dan litium hanya larut sedikit dalam air, untuk fluorida dari logam alkali tanah yang lainnya tidak larut dalam air (Vogel, 1985). Penentuan secara akurat peningkatan fluoride sangat penting dengan pertumbuhan fluoridasi dari ukuran konsentrasi air baku (APHA, 1998). Tingginya kandungan fluorida yang terdapat di lingkungan patut menjadi perhatian karena berbahaya bagi kesehatan manusia (Ku dan Chiou, 2002). *World Health Organization* (WHO) mengusulkan untuk nilai batas fluorida adalah 1,5 mg/L pada air minum. Di Indonesia sendiri membatasi kandungan fluorida dalam badan air adalah antara 0,5 – 1,5 mg/L disesuaikan dengan penggunaan air.

Menurut (Meenakshi and Maheswari, 2006), kelebihan fluorida dapat menyebabkan bermacam-macam gangguan seperti gangguan pada gigi (*dental fluorosis*), penyakit yang menyerang lutut, sendi, leher, panggul, dan bahu (*skeletal fluorosis*) yang memiliki efek bagi penderita tidak dapat berjalan atau bergerak. Kemudian kelebihan fluorosis dapat menurunkan kadar hemoglobin dalam darah, deformities atau kelainan tulang kaki, sakit kepala, bercak-bercak pada kulit, dan penyakit syaraf.

#### 2.4 Kualitas Air dalam Proses *Scrubbing*

Dalam penelitian ini, tujuan yang akan dicapai dalam pengolahan air limbah outlet Unit Produksi III untuk *raw water* dalam proses *scrubbing* yaitu berdasarkan kriteria air bersih yang sudah ditetapkan oleh Departemen LK3 PT Petrokimia Gresik. Kriteria air untuk *scrubbing* dapat dilihat di Tabel 2.2.

**Tabel 2.2 Kriteria Air untuk *Scrubbing***

Parameter	Satuan	Kriteria
COD	mg/L	≤ 30
BOD	mg/L	≤ 10
Fluorida	mg/L	≤ 10
TSS	mg/L	≤ 100
pH	-	6-9

Sumber: Departemen LK3 PT Petrokimia Gresik

## 2.5 Unit Pengolahan Koagulasi Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk memulihkan air. Koagulasi merupakan proses pencampuran antara air yang akan diolah dengan penambahan koagulan untuk mengikat polutan menggunakan cara pengadukan (Husaini *et al.*, 2018). Koagulasi-flokulasi memiliki tiga tahap yaitu pembentukan inti flok, destabilisasi koloid, dan pembesaran ukuran partikel (Husaini *et al.*, 2018). Ada tiga faktor yang dapat mempengaruhi berhasil atau tidaknya proses koagulasi, yaitu jenis koagulan yang dipakai, dosis pembubuhan koagulan, dan proses pengadukan (Narita *et al.*, 2011). Koagulan merupakan suatu bahan kimia yang mempunyai kemampuan untuk menetralkan muatan koloid dan mengikat partikel tersebut sehingga mudah untuk membentuk flok atau gumpalan (Hammer, 1986).

Flokulasi merupakan proses dalam pengikatan zat pencemar oleh koagulan dan membentuk flok dengan ukuran lebih besar. Flok akan mengendap secara gravitasi sehingga air yang dikeluarkan menjadi lebih besar (Metcalf dan Eddy, 2003). Pengaturan pH sangat penting dalam pengolahan kimiawi. Apabila proses koagulasi tetap dilakukan tidak pada rentang pH optimum maka proses pembentukan flok akan gagal dan air yang dihasilkan memiliki kualitas yang rendah (Silaban *et al.*, 2012). Proses pembentukan flok dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Dalam pengadukan yang terjadi di proses koagulasi-flokulasi terdapat 3 macam pengadukan yaitu pengadukan secara mekanis, hidrolis, dan pneumatis. Pengadukan terdiri atas pengadukan cepat dan pengadukan lambat. Adapun tujuan dari pengadukan cepat adalah:

1. Untuk melarutkan koagulan.
2. Mendistribusikan koagulan agar merata.
3. Menghasilkan partikel-partikel halus sebagai inti koagulasi sebelum reaksi koagulan selesai.

Tujuan dari pengadukan lambat pada proses flokulasi adalah:

1. Membentuk flok dengan ukuran yang lebih besar dari partikel flok yang sudah terbentuk inti flok.

2. Adanya kemudahan bagi flokulan untuk mengikat flok-flok kecil.
3. Menghindari pecahnya flok yang sudah terbentuk.

Faktor yang paling penting dalam proses koagulasi-flokulasi adalah kecepatan pengadukan, hal ini disebut dengan gradien kecepatan (G). Nilai G adalah fungsi dari daya (P) dan juga volume air limbah yang diaduk (Persamaan 2.2).

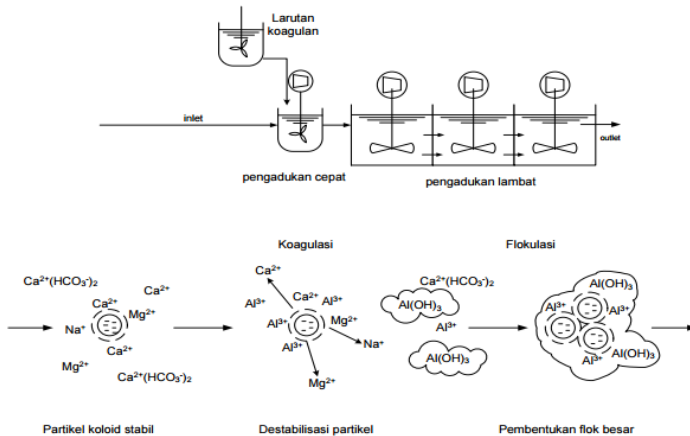
$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}} \quad (2.2)$$

Dalam pengadukan pneumatis, daya dapat ditentukan dari spesifikasi kompresor yang digunakan untuk injeksi udara (*bubbles*). Apabila sudah diketahui daya, maka hitung debit udara yang diinjeksikan untuk mengaduk air limbah (Persamaan 2.3)

$$P = 3,904 \times G_a \times \log\left(\frac{h+10,4}{10,4}\right) \quad (2.3)$$

Dimana:

- G = Gradien kecepatan (det<sup>-1</sup>)
- P = Tenaga pengadukan (N.m/detik)
- V = Volume air (m<sup>3</sup>)
- μ = Viskositas absolut (N.detik/m<sup>2</sup>)
- G<sub>a</sub> = Debit udara terinjeksi (m<sup>3</sup>/menit)
- h = Kedalaman diffuser dari dasar bak (m)



**Gambar 2.2 Proses Koagulasi Flokulasi**  
Sumber: Nuryani (2016)

Kriteria desain pengadukan cepat dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.

**Tabel 2.3 Kriteria Desain Pengadukan Cepat**

<b>Waktu Detensi (detik)</b>	<b>G (per detik)</b>
20	1000
30	900
40	790
>50	700

Sumber: Reynold dan Richard (1996)

**Tabel 2.4 Kriteria Desain Pengadukan Lambat**  
**Rentang Nilai**

<b>Proses</b>	<b>Rentang Nilai</b>	
	<b>Td (menit)</b>	<b>G (detik<sup>-1</sup>)</b>
Tipikal proses flokulasi untuk air limbah	30 – 60	50 – 100
Flokulasi pada proses <i>direct-filtration</i>	2 – 10	25 – 150
Flokulasi pada proses <i>contact filtration</i>	2 – 5	25 – 200

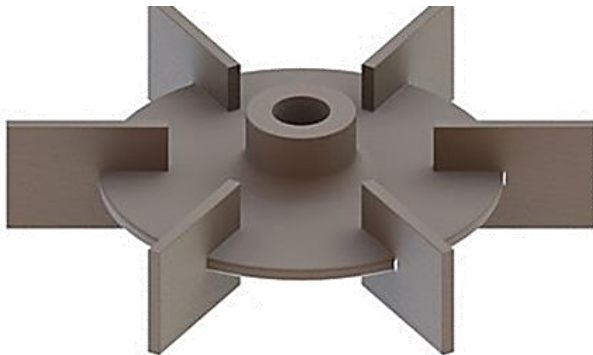
Sumber: Metcalf dan Eddy (2003)

Adapun pengertian dari pengadukan mekanis yaitu metoda pengadukan yang menggunakan peralatan mekanis berupa motor, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan bentuknya, jenis-jenis *impeller* terdiri dari tiga macam yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling-baling). Bentuk dari ketiga *impeller* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3 – Gambar 2.5.





**Gambar 2.3 Jenis Pengaduk Tipe *Paddle***  
Sumber: Qasim *et al.*, (2000)



**Gambar 2.4 Jenis Pengaduk Tipe *Turbine***  
Sumber: Qasim *et al.*, (2000)



**Gambar 2.5 Jenis Pengaduk Tipe *Propeller***  
 Sumber: Qasim *et al.*, (2000)

Berikut ini kriteria dari setiap jenis *impeller* yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.5 Kriteria *Impeller***

<b>Tipe <i>Impeller</i></b>	<b>Kecepatan Putaran</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Paddle</i>	20 – 150 rpm	Diameter: 50% – 80% lebar bak Lebar: 1/6 – 1/10 diameter <i>paddle</i>	
<i>Turbine</i>	10 – 150 rpm	Diameter: 30 – 50% lebar bak	

<b>Tipe Impeller</b>	<b>Kecepatan Putaran</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Propeller</i>	400 – 1750 rpm	Diameter: maksimal 45 cm	Jumlah <i>pitch</i> 1 – 2 buah

Sumber: Reynold dan Richards (1996)

Menurut (Masduqi dan Assomadi, 2012), perhitungan mengenai tenaga pengadukan berbeda-beda bergantung pada jenis pengadukannya. Adapun pada pengadukan mekanis, hal yang berperan dan berpengaruh dalam menghasilkan tenaga adalah bentuk dan ukuran alat pengaduk serta kecepatan putaran alat pengaduk. Hubungan antar variabel-variabel tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan matematika, untuk bilangan Reynold ( $N_{Re}$ ) yang memiliki nilai lebih dari 10.000 dinyatakan dalam Persamaan 2.4. Sedangkan untuk nilai  $N_{Re}$  kurang dari 20 dapat dinyatakan dalam Persamaan 2.5. Untuk menghitung bilangan Reynold untuk alat pengaduk menggunakan rumus yang ada di Persamaan 2.6.

$$P = K_T \cdot n^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho \quad (2.4)$$

$$P = K_L \cdot n^2 \cdot D_i^3 \cdot \mu \quad (2.5)$$

$$N_{Re} = \frac{D_i^2 \cdot n \cdot \rho}{\mu} \quad (2.6)$$

Keterangan:

P = Power, N-m/s

$K_T$  = Konstanta pengaduk untuk aliran turbulen

n = Kecepatan putaran, rps

$D_i$  = Diameter pengaduk, m

$\rho$  = Massa jenis air kg/m<sup>3</sup>

$K_L$  = Konstanta pengaduk untuk aliran laminar

$\mu$  = Kekentalan absolut cairan, (N-detik/m<sup>2</sup>)

Untuk nilai konstanta  $K_T$  dan  $K_L$  pada setiap jenis *impeller* dapat dilihat pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.6 Konstanta  $K_T$  dan  $K_L$  setiap Jenis *Impeller***

<b>Jenis <i>Impeller</i></b>	<b><math>K_L</math></b>	<b><math>K_T</math></b>
Propeller, pitch of 1,3 blades	41,0	0,32
Propeller, pitch of 2,3 blades	43,5	1,00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60,0	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65,0	5,75
Turbine, 6 curved blades	70,0	4,80
Fan turbine, 6 blades at 45°	70,0	1,65
Shrouded turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shrouded Turbine, with stator, no baffles	172,5	1,12
Flat Paddles, 2 blades (single paddle), $D_i/W_i = 4$	43,0	2,25
Flat Paddles, 2 blades, $D_i/W_i = 6$	36,5	1,70
Flat Paddles, 2 blades, $D_i/W_i = 8$	33,0	1,15
Flat Paddles, 4 blades, $D_i/W_i = 6$	49,0	2,75
Flat Paddles, 6 blades, $D_i/W_i = 8$	71,0	3,82

Sumber: Reynold dan Richards (1996)

## 2.6 Metode Jar Test

*Jar test* adalah suatu metode untuk menguji kemampuan suatu koagulan dan menentukan dosis optimum pada proses penjernihan air dan air limbah (Husaini *et al.*, 2018). Jar Test merupakan proses penjernihan air dengan menggunakan koagulan, dimana koagulan akan membentuk flok-flok dengan adanya ion-ion yang terkandung dalam larutan sampel. Flok-flok ini mengumpulkan partikel-partikel kecil dan koloid yang tumbuh dan akhirnya bersama-sama mengendap. Flok terbentuk dengan bantuan agitasi dari alat agitator. Penggunaan alat *jar test* memberikan data mengenai kondisi optimum untuk parameter-parameter proses antara lain: dosis koagulan, pH, metode pembubuhan bahan kimia, kepekatan larutan kimia, waktu dan intensitas piengadukan cepat dan pengadukan lambat, waktu penjernihan (Margaretha *et al.*, 2012). Pada pengolahan air bersih atau air limbah dengan proses kimia diperlukan bahan kimia tertentu sebagai penurunan kadar polutan yang ada di dalam air atau air limbah. Penambahan bahan kimia tidak dapat dilakukan sembarangan, harus dengan dosis yang tepat dan bahan kimia yang cocok serta harus memperhatikan pHnya. Sehingga *jar test* memiliki tujuan mengoptimalkan pengurangan polutan dengan: mengevaluasi koagulan dan flokulan, menentukan dosis bahan kimia, dan mencari pH yang optimal (Risdianto, 2007).

Untuk menentukan dosis kimia yang benar, *jar test* dilakukan. *Jar Test* mensimulasikan skala penuh proses koagulasi dan flokulasi untuk menentukan dosis optimum kimia (Spellman, 2009). *Jar test* berupaya untuk mencapai perkiraan kasar dosis kimia yang tepat untuk proses pengolahan. Keadaan selama pengujian dimaksudkan untuk mencerminkan operasi dalam kondisi normal dari proses pengolahan secara kimia. Pengujian ini dapat digunakan untuk (Spellman, 2009):

- Pemilihan bahan kimia yang paling efektif.
- Pemilihan dosis optimum.
- Menentukan dosis koagulan dan flokulan yang tepat.

Koagulan yang sering digunakan untuk mengendapkan limbah adalah alum (aluminium sulfat/ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), feri sulfat ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ), feri klorida ( $\text{FeCl}_3$ ) dan kapur (Jenie dan Winiati, 1993). PAC akan bereaksi dengan bahan yang bersifat basa dan membentuk aluminium hidroksida yang tidak dapat larut dan mengkoagulasi partikel koloidal. Kapur akan bereaksi dengan bikarbonat dan membentuk kalsium karbonat yang akan mengendap. Kalsium karbonat yang tidak larut akan terbentuk pada pH di atas 9,5. Garam-garam feri digunakan untuk meningkatkan kemampuan mengendap dari feri hidroksida yang akan membentuk endapan dalam limbah dan meningkatkan laju sedimentasi dari partikel lainnya yang ada dalam limbah tersebut (Spellman, 2009). Bahan kimia organik baik dari jenis anionik, kationik dan nonionik polielektrolit juga dapat digunakan untuk mengendapkan partikel berbentuk koloidal dalam larutan secara tersendiri atau digabungkan dengan koagulan anorganik (Jenie dan Winiati, 1993).. Jenis polielektrolit yang dapat digunakan untuk membentuk endapan sangat beragam jenisnya. Penggunaan jenis polielektrolit yang tepat untuk suatu jenis limbah tertentu dapat dipilih setelah melihat hasil ujinya menggunakan "*jar tes*", yaitu untuk mengetahui jenis dan jumlahnya (Jenie dan Winiati, 1993).

Bahan kimia yang digunakan dalam proses koagulasi air atau air limbah bereaksi dengan air membentuk presipitasi hidroksida yang tidak larut. Ion hidrogen yang dilepaskan bereaksi dengan ion-ion penyusun alkalinitas, sehingga alkalinitas berperan sebagai penyangga untuk mengetahui kisaran pH yang optimum bagi penggunaan koagulan. Dalam hal ini nilai alkalinitas sebaiknya berada pada kisaran optimum untuk mengikat ion hidrogen yang dilepaskan pada proses koagulasi (Effendi, 2003). Koagulasi merupakan proses pencampuran antara bahan kimia berupa koagulan dan air baku hingga homogen lalu partikel-partikel koloid menggumpal dan membentuk flok (Suryadiputra, 1995).

Pada proses koagulasi diperlukan tahap-tahap proses berikut (Sutiyono, 2006):

1. Pembentukan inti endapan atau bisa disebut juga tahap pengadukan cepat (*rapid mix*). Pada tahap ini dibutuhkan

koagulan, yang fungsinya akan terjadi reaksi penggabungan koagulan dengan zat-zat yang ada dalam limbah cair. Dalam hal ini bittern sebagai bahan koagulan. Pada tahap ini mutlak diperlukan pengadukan dan pengaturan pH. Pengadukan ini berlangsung pada 60-100 rpm selama 1-3 menit, pH yang diperlukan bergantung pada jenis koagulan yang digunakan. Dalam hal ini pH kondisi proses penggunaan bittern adalah 11.

2. Tahap flokulasi, yaitu penggabungan inti – inti endapan menjadi molekul besar (flok). Flokulasi dapat dilakukan dengan pengadukan lambat sekitar 40 - 50 rpm selama 15-90 menit. Pengadukan yang terlalu cepat dapat merusak flok-flok yang telah terbentuk.
3. Tahap pemisahan flok dari cairan  
Flok yang terbentuk selanjutnya dipisahkan dari cairannya, yaitu dengan cara diendapkan atau diapungkan, hingga diperoleh lumpur kimia (flok) dan limbah cair hasil pengolahan. Proses flokulasi terdiri dari tiga langkah (Wagiman dan Desy, 2014):
  1. Pelarutan reagen (koagulan) melalui pengadukan cepat (1 menit, 100 rpm). Pemberian koagulan dapat menyebabkan pH larutan menjadi rendah, sedangkan proses flokulasi memerlukan pH 6-8, bila perlu pemubuhan bahan kimia untuk koreksi pH.
  2. Pengadukan lambat (15 menit, 20 rpm) untuk pembentukan flok-flok. Pengadukan yang terlalu cepat dapat merusak flok yang telah terbentuk.
  3. Penghapusan flok-flok dengan koloid yang terkurung dari larutan melalui sedimentasi (15 menit atau 30 menit, 0 rpm).

Tahap selanjutnya adalah presipitasi, yaitu proses pengendapan garam-garam solid yang terbentuk karena adanya reaksi kimia. Presipitasi biasanya terjadi untuk penurunan logam berat. Pada presipitasi ini Jarrest digunakan untuk mencari kondisi optimum dimana pada kondisi ini logam-logam berat yang ada di air limbah dapat diendapkan secara bersamaan (Risdianto, 2007).

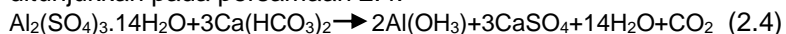
## **2.7 Jenis-Jenis Koagulan**

Koagulan memiliki kemampuan untuk mendestabilisasi koloid agar koloid mudah mengendap dengan cara membentuk

flok yang lebih besar (Kristijarti, 2013). Kelarutan koagulan aluminium sulfat optimum antara pH 5,5 – 6,5 namun jika dilakukan dengan proses koagulasi yang pertimbangan yaitu jumlah dan kualitas air yang akan diolah, kekeruhan air baku, metode filtrasi, dan sistem pembuangan lumpur endapan (Alaerts, 1984). Faktor-faktor yang dapat membentuk flok dalam proses koagulasi adalah kondisi pengadukan, pH, alkalinitas, suhu air, dan kekeruhan. Salah satu contoh koagulan adalah alum, apabila alum digunakan diluar rentang pH optimum alum (5,8 – 7,4), maka flok yang terbentuk tidak akan sempurna dan flok tersebut dapat larut kembali. Akan tetapi dosis koagulan optimum yang ditambahkan tetap harus ditentukan melalui percobaan laboratorium menggunakan metode *Jar Test* (Indriyanti dan Diyono, 2011). Adapun bahan koagulan yang sering digunakan adalah:

a. Aluminium Sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ )

Alum merupakan koagulan yang paling sering digunakan karena harganya murah, mudah didapatkan, dan penyimpanannya mudah. Menurut (Reynold dan Richard, 1996), alkalinitas merupakan kapasitas penyangga terhadap perubahan pH perairan. Keberadaan ion bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) sangat mempengaruhi alkalinitas, oleh karena itu aluminium sulfat menjadi pilihan yang sangat efektif untuk menurunkan kadar karbonat. Adapun persamaan koagulasi menggunakan alum ditunjukkan pada persamaan 2.4.



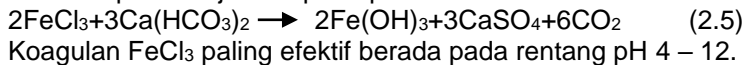
Adanya penambahan ion  $\text{H}^+$  dapat menyebabkan nilai pH semakin turun, karena semakin tinggi konsentrasi penambahan aluminium sulfat maka semakin banyak  $\text{H}^+$  yang dilepaskan dan pH akan turun (Nurlina, 2015). Maka, untuk mencegah fluktuasi pH rendah perlu dicari dosis aluminium sulfat memadai maka dapat antara pH 5 – 8. Apabila alkalinitas alami dari air tidak seimbang dengan dosis aluminium sulfat perlu ditambah alkalinitas. Untuk menaikkan pH biasanya ditambahkan larutan kapur  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  atau soda abu ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

b. Feri Sulfat dan Feri Klorida

Koagulan ini memiliki rumus kimia  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  dan  $\text{FeCl}_3$  (Sutapa, 2014). Koagulan ini bersifat korosif serta tidak tahan penyimpanan lama. Apabila dilarutkan dalam air, koagulan ini akan

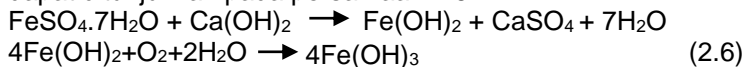


memiliki sifat asam karena berasal dari asam kuat dan basa lemah. Flok yang dibentuk dari koagulasi senyawa besi lebih kuat dibandingkan dengan koagulan alum (Wardani *et al.*, 2009). Koagulan ini biasa dipakai di air buangan limbah industri yang memiliki tingkat kesadahan rendah. Proses koagulasi dengan koagulan besi memerlukan alkalinitas yang cukup dengan rasio 1:1. Dalam limbah, alkalinitas dipengaruhi oleh keadaan ion bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) (Reynold dan Richard, 1996). Persamaan reaksi dapat ditunjukkan pada persamaan 2.5.



c. Ferro Sulfat ( $\text{FeSO}_4$ )

Ferro Sulfat memiliki bentuk kristal berwarna hijau. Ferro sulfat ( $\text{FeSO}_4$ ) biasanya digunakan bersama kapur dengan rasio 2:1 untuk menaikkan pH agar ion Ferro terendapkan dalam bentuk Ferri hidroksida  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  (Indriyanti dan Diyono, 2011). Ferro Sulfat memiliki kemampuan sangat baik untuk mengolah air yang memiliki alkalinitas dan DO yang tinggi, namun ferro sulfat kurang cocok untuk menghilangkan warna. Kondisi pH yang sesuai antara 9 – 11 (Susana, 2009). Ferro Sulfat memiliki harga yang lebih murah dibandingkan alum tetapi penggunaan Ferro Sulfat sebagai koagulan dapat memperbesar kesadahan air. Persamaan reaksi dapat ditunjukkan pada persamaan 2.6.



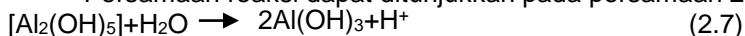
d. *Poly Aluminium Chloride* (PAC)

*Poly Aluminium Chloride* (PAC) dengan rumus umum kimia  $\text{Al}_2(\text{OH})_{6-n}.\text{Cl}_n.\text{H}_2\text{O}$  ( $n=1-5$ ) merupakan polimer koagulan anorganik yang memiliki bentuk sederhana dan siap pakai serta sangat efektif dalam pengolahan air limbah. Merupakan bahan koagulasi yang bermanfaat untuk menurunkan kekeruhan. PAC memiliki karakteristik titik beku  $-18^\circ\text{C}$  dan titik didih  $178^\circ\text{C}$  dan mampu bekerja optimum dalam rentang pH 6 – 9 (Rosariawari dan Mirwan, 2013). PAC memiliki daya koagulasi lebih besar daripada alum serta mampu menghasilkan flok yang stabil meskipun pada suhu yang rendah (Alaerts, 1984). Selain itu, PAC memiliki tingkat alkalinitas yang lebih kecil daripada alum (Nansubuga *et al.*, 2013).

Menurut Budiman (2008), keunggulan PAC sebagai koagulan adalah:

1. PAC mampu bekerja di tingkat pH yang lebih luas.
2. Kandungan belerang dengan dosis yang cukup akan menyebabkan oksidasi senyawa karboksilat rantai siklik mampu membentuk alifatik dan gugusan rantai hidrokarbon yang lebih pendek dan lebih sederhana sehingga mempermudah dalam pembentukan flok.
3. Kadar klorida yang optimum dalam bentuk cair yang bermuatan negatif akan mempercepat reaksi dan merusak ikatan zat organik terutama ikatan karbon nitrogen.
4. PAC tidak menjadi keruh bila pemakaiannya berlebihan, sedangkan koagulan lainnya (seperti aluminium sulfat, besi klorida dan fero sulfat) bila dosis berlebihan bagi air dengan kekeruhan yang rendah akan bertambah keruh hal ini berpengaruh terhadap penghematan bahan kimia yang dilakukan.
5. PAC mengandung suatu polimer khusus dengan struktur polielektrolit yang dapat mengurangi atau tidak perlu sama sekali dalam pemakaian bahan pembantu, hal ini dapat menghemat biaya yang digunakan.
6. Kandungan basa yang cukup akan menambah gugus hidroksil dalam air sehingga penurunan pH tidak terlalu ekstrim.
7. PAC lebih mudah membentuk flok daripada koagulan biasa karena gugus aktif aluminat yang bekerja efektif dalam mengikat koloid yang ikatan ini diperkuat dengan rantai polimer dari gugus polielektrolit sehingga gumpalan floknya menjadi lebih padat, penambahan gugus hidroksil ke dalam rantai koloid yang hidrofobik akan menambah berat molekul, dengan demikian walaupun ukuran kolam pengendapan lebih kecil atau terjadi kelebihan beban bagi instalasi yang ada, kapasitas produksi relatif tidak terpengaruh.
8. PAC memiliki korosivitas yang rendah.

Persamaan reaksi dapat ditunjukkan pada persamaan 2.7.



e. *Coagulant Aid* (Koagulan Pembantu)

*Coagulant Aid* berfungsi untuk membantu fungsi koagulan utama dalam proses koagulasi untuk mendapatkan air yang lebih jernih serta mempercepat proses pengendapan (Indriyanti dan Diyono, 2011). Bahan yang biasa dipakai sebagai *coagulant aid* ialah dari bahan polielektrolit dan kapur aktif. Polielektrolit diklasifikasikan menurut jenis muatan pada rantai polymer sebagai berikut:

Anion polielektrolit: Polymer bermuatan negatif.

Kation polielektrolit: Polymer bermuatan positif.

Polielektrolit bukan ion: Polymer tak bermuatan.

Berbagai macam jenis polielektrolit, tergantung dari pabrik yang memproduksinya seperti: Superfloc, Magnifloc, Kononfloc, dan Aquafloc. Kisaran dosis anion dan kation polielektrolit adalah 1 – 10 mg/L. Pemakaian zat koagulan utama saja akan membuat pembentukan flok menjadi kurang baik. Untuk mengatasi hal tersebut, pemakaian koagulan pembantu sehingga pembentukan flok berjalan lebih baik. Pemilihan jenis zat koagulan pembantu juga harus menghasilkan flok yang stabil dan tidak berbahaya ditinjau dari segi kesehatan (Alaerts, 1984). Selain itu, untuk penambahan koagulan pembantu berupa larutan kapur aktif dengan rumus  $\text{Ca(OH)}_2$  dapat menaikkan pH dan bereaksi dengan bikarbonat membentuk endapan  $\text{CaCO}_3$  (Indriyanti dan Diyono, 2011). Menurut (Susana, 2009) untuk mempercepat proses koagulasi dapat dilakukan:

1. Penambahan alkalinitas apabila tidak mencukupi maka ditambahkan alkalinitas dalam bentuk  $\text{Ca(OH)}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .
2. Penambahan polielektrolit bisa alami atau sintetis. Dosis yang ditambahkan biasanya sekitar 0,3 mg/L.
3. Penambahan kekeruhan (*turbidity*) dengan cara ditambahkan sedikit lumpur hasil koagulasi dan flokulasi atau bisa juga ditambahkan dengan tanah liat (*clay*).
4. Proses pengendapan sangat dipengaruhi oleh pH, maka untuk mengatur pH dapat dilakukan agar endapan yang terbentuk memiliki kelarutan yang minimum.

Penambahan alkalinitas tambahan mungkin diperlukan jika penambahan dosis koagulan menyebabkan penurunan pH yang cukup signifikan dan menghambat koagulasi yang efektif. Konsumsi alkalinitas dapat dihitung dengan menentukan nilai

ekivalensi. Dosis alkalinitas dinyatakan sebagai kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Kebutuhan alkalinitas dari berbagai koagulan dapat dilihat pada Tabel 2.7.

**Tabel 2.7 Kebutuhan Alkalinitas dari Berbagai Koagulan**

Koagulan	Dosis Koagulan (mg/L)	Kebutuhan Alkalinitas (mg/L sebagai $\text{CaCO}_3$ )
Aluminium Sulfat	1 sebagai $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$	0,51
<i>Acid Alum</i> (3% - 14% $\text{H}_2\text{SO}_4$ )	1 sebagai $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$	0,58 – 0,98
<i>Ferric Chloride</i>	1 sebagai $\text{FeCl}_3$	0,93
<i>Ferric Sulfate</i>	1 sebagai $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	0,75
<i>Ferrous Sulfate</i>	1 sebagai $\text{FeSO}_4$	0,66
Polyaluminium Chloride (PAC, kebasaaan 50%)	1 sebagai Al	2,78
PAC (kebasaaan 70%)	1 sebagai Al	1,67
<i>Aluminium Chlorohydrate</i> (82% kebasaaan)	1 sebagai Al	1,00

Sumber: Bratby (2016)

Jumlah bahan kimia yang dibutuhkan perlu disesuaikan dengan perhitungan kemurnian bahan kimia. Untuk penambahan alkalinitas dan pengkondisian pH, dapat digunakan bahan-bahan kimia seperti pada Tabel 2.8.

**Tabel 2.8 Jumlah Alkalinitas pada Berbagai Bahan Kimia**

Bahan Kimia	Dosis (mg/L)	Alkalinitas Diasumsikan 100% Murni (mg/L sebagai $\text{CaCO}_3$ )
<i>Hydrated Lime</i>	1 sebagai $\text{Ca}(\text{OH})_2$	1,35
<i>Quicklime</i>	1 sebagai $\text{CaO}$	1,78
<i>Soda Ash</i>	1 sebagai $\text{Na}_2\text{CO}_3$	0,94

Bahan Kimia	Dosis (mg/L)	Alkalinitas Diasumsikan 100% Murni (mg/L sebagai CaCO <sub>3</sub> )
<i>Sodium Bicarbonate</i>	1 sebagai NaHCO <sub>3</sub>	0,6
<i>Caustic Soda</i>	1 sebagai NaOH	1,25

Sumber: Bratby (2016)

Pada Tabel 2.8 dapat dilihat bahwa jumlah alkalinitas pada *Quicklime* (CaO) memiliki jumlah paling tinggi dibandingkan dengan bahan kimia lain yang digunakan untuk *adjusting* pH. Menurut Sastrawijaya (2000), besarnya pH sebanding dengan besarnya alkalinitas. Apabila pH kurang dari 7 maka menunjukkan kondisi yang masam dan memiliki alkalinitas yang rendah, sedangkan nilai pH 7 disebut netral, dan nilai pH lebih dari 7 menunjukkan kondisi yang basa dan memiliki alkalinitas yang tinggi. Fluktuasi pH air sangat ditentukan oleh alkalinitas air.

## 2.8 Gambaran Umum Objek Perencanaan

Objek perencanaan adalah perusahaan Badan Usaha Milik Negara yang bergerak di bidang produksi pupuk. Perusahaan ini menjadi salah satu produsen pupuk terbesar di Jawa Timur. Industri tersebut terletak di Jl. Jenderal Ahmad Yani, Kabupaten Gresik, Jawa Timur (61119) dengan titik ordinat lokasi 7°09'24.5"S dan 112°38'24.2"E. Lokasi kegiatan pabrik adalah sebagai berikut:

- a) Kecamatan Gresik, antara lain: Desa Ngipik, Desa Tlogopojok, Desa Sukorame, Desa Karang Turi, dan Desa Lumpur.
- b) Kecamatan Kebomas, antara lain: Desa Tlogopatut, Desa Randuagung, dan Desa Kebomas.
- c) Kecamatan Manyar, antara lain: Desa Pojok Pesisir, Desa Rumo Meduran, dan Desa Tepen.

PT Petrokimia Gresik didirikan di lahan kompleks seluas 450 ha. Fasilitas yang terdapat di perusahaan ini adalah kantor, unit pembangkit tenaga listrik, unit pengolahan limbah di masing-masing unit produksi, instalasi penjernihan air (IPA), tuks/dermaga, dan pusat riset (kebun percobaan, laboratorium, unit

penggemukan sapi, dan Pilot Plant Probiotik). Perusahaan ini memproduksi berbagai jenis pupuk antara lain pupuk ure, pupuk fosfat, pupuk ZA, pupuk NPK Phonska, pupuk NPK, pupuk ZK, dan pupuk organik petrogekanik. Selain itu, PT Petrokimia Gresik juga memproduksi produk non pupuk seperti amoniak, asam sulfat, asam fosfat, *cement retarder*, aluminium fluorida, *purified gypsum*, asam klorida, CO<sub>2</sub> cair dan *dry ice*. Gambaran lokasi industri PT Petrokimia Gresik dapat dilihat pada Gambar 2.6. Gambaran *layout* unit pengolahan *Treated Water* yang akan dihubungkan ke unit *wet scrubber* dapat dilihat pada Gambar 2.7. Sedangkan gambaran lokasi unit pengolahan *Treated Water* dapat dilihat pada Gambar 2.8.

### 2.8.1 Sumber Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi berasal dari Unit Produksi III. Unit Produksi III adalah unit produksi yang menghasilkan produk asam fosfat. Air limbah yang hasil produksi Unit Produksi III dinamakan *acidic water*. Karakteristik air limbah ini bersifat asam dengan pH rendah, kandungan fosfor dan fluor juga masih relatif tinggi. Pengukuran kualitas air limbah dari Unit Produksi III dilakukan oleh pihak perusahaan secara berkala setiap bulan di Laboratorium Unit Produksi III. Hasil pengukuran laboratorium untuk *acidic water* dapat dilihat di Tabel 2.9.

**Tabel 2.9 Hasil Pengukuran *Acidic Water***

No	Parameter	Satuan	Hasil
1	pH	-	1 – 2
2	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/L	467
3	F	mg/L	3525
4	t	°C	50

Sumber: Laboratorium Unit Produksi III PT Petrokimia Gresik

### 2.8.2 Kondisi Eksisting WWTP *Effluent Treatment Unit* Produksi III

Fungsi dari *Effluent Treatment* untuk mengolah dan memisahkan semua air limbah (*Acidic Water*) dari *Posphoric Acid*

*Plant, Gypsum Purification Plant, dan Sulfuric Acid & Service Unit Plant.* Hal ini dilakukan dengan menambahkan bahan kimia antara lain *lime milk, caustic soda,* alum/aluminium sulfat dan flokulan, menjadi *Treated Water* sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan oleh Surat Keputusan Menteri Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup UU No. 32 Tahun 2009. Berikut penjelasan mengenai uraian proses di *Waste Water Treatment Plant (WWTP)*:

1. *Chemical Handling Section*

*Slake lime* disediakan dengan *Lorry Tank* dimasukkan ke *Lime Silo* 30-TK-6611 A/B dengan kapasitas masing-masing 450 m<sup>3</sup>. *Lime Silo* 30-TK-6611 A/B dilengkapi dengan:

- a. 30-FIL-6611 A/B *Lime Silo Bag Filter*  
Befungsi menangkap debu kapur sehingga tidak ke atmosfer.
- b. 30-C-6611 A/B *Air Compressor*  
Befungsi menghembus *slake lime* di bawah silo dengan pressure 0,4 kg/cm<sup>3</sup>.
- c. 30-V-6611 A/B *Rotary Valve*  
Befungsi membuka katup *slake lime* pada saat persiapan. *Slake lime* dari *Drag Chain Conveyor* 30-M-6611 A/B masuk ke *Lime Dissolve Tank* 30-TK-6612 dicampur dengan *Neutralized Water* dari produk *Primary Section* yang diatur *On/Off Valve* KV-6603 dan diaduk dengan *Lime Dissolve Agitator* 30-M-6612, larutan *lime milk* yang terjadi akan *overflow* ke *Lime Milk Tank* 30-TK-6613.

*Grit* (pasir) yang tidak terlarut air akan mengendap di bagian bawah *Lime Dissolved Tank* 30-TK-6612, apabila sudah penuh dilakukan *blow down* manual (2x seminggu/sesuai kebutuhan) selanjutnya dibuang ke area *Disposal*. Larutan *lime milk* yang ditampung di *Lime Milk Tank* 30-TK-6613 sebagai Ca(OH)<sub>2</sub> dengan konsentrasi CaO diatur maksimal 15%/ Agar *lime milk* tidak menggumpal, diaduk dengan *Lime Milk Tank Agitator* 30-M-6613. Selanjutnya *lime milk* didistribusikan ke 1<sup>st</sup>/2<sup>nd</sup> PH Adjusting Tank 30-TK-6601/02 dengan *Lime Milk Pump* 30-P-6611 A/B.

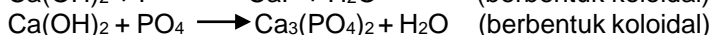
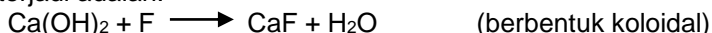
Untuk membuat larutan *polymer*, *polymer* dalam kemasan *bag* atau *box* dibuka secara manual dimasukkan ke dalam *Polymer Dissolving Tank (Hopper)* 30-TK-6621. Dari 30-TK-6621 *polymer hopper*, diatur oleh *Polymer Dissolving Agitator (Feeder)* 30-M-

6621A dan *polymer powder* turun ke tabung *mixing*, *polymer powder* ditambah dengan *Raw Clarified Water* yang diatur dengan *On/Off Valve KV-6601*. Selanjutnya *polymer powder* dan *clarified water* masuk *Polymer Dissolving Tank 30-TK-6621*. Untuk mempercepat pelarutan, diaduk dengan *Polymer Dissolving Tank Agitator 30-M-6621B*. Proses pelarutan *polymer* dilakukan secara otomatis dan konsentrasi larutan *polymer* diatur 2%. Distribusi larutan *polymer* dengan *Polymer Dissolved Water Pump 30-P-6621 A/B* dikirim ke *Primary Section Coagulation Tank 30-TK-6603* dan *Secondary Section Coagulation Tank 30-TK-6652*.

Alum padat/Kristal  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  disuplai dalam kemasan *plasti bag* 50 kg, konsentrasi  $\text{Al}_2\text{O}_3$  17%. Untuk membuat larutan, alum padat dalam *bag* dibuka secara manual kemudian dimasukkan ke *Dissolved Alum Tank 30-TK-6622-A*. Setiap persiapan larutan alum, diperlukan alum Kristal sebanyak 1 ton kemudian ditambah *Raw Clarified Water* sebanyak  $1,1 \text{ m}^3$ , untuk memperoleh konsentrasi  $\text{Al}_2\text{O}_3$  8% dalam larutan alum. Untuk mempercepat pelarutan tersebut di *blow* dengan *plant* air. Setelah Kristal larut semua ditransfer dengan *Alum Transfer Pump 30-P-6622 C* ke *Alum Tank 30-TK-6622 B*. Untuk pengiriman larutan alum ke *Secondary Section Mixing Tank 30-TK-6651* digunakan *Alum Transfer Pump P-6622-AB*.

## 2. *Primary Section*

Semua air buangan yang bersifat asam (*Acidic Water*) dari unit/bagian lain dinetralisir dengan menambahkan *lime milk*, pH air limbah akan naik dan diatur dengan 6,5 – 8,0. Reaksi kimia yang akan terjadi adalah:



Air limbah dari:

- Phosporic Acid Plant*
- Sulfuric Acid & Service Unit Plant*
- Purification Gypsum Plant*

Dimasukkan ke *pH Adjusting Tank 30-TK-6601* akan mengalami netralisasi tingkat satu dengan injeksi *lime milk*. Penambahan *lime milk* diatur dengan *Analyzer Control Valve ACV-6601* secara otomatis, pH diatur 6,5 – 8,0 dan diaduk dengan *pH Adjusting Tank Agitator 30-M-6601*. Kemudian air netral dari 30-



TK-6601 secara *overflow* mengalir ke *pH Adjusting Tank* 30-TK-6602 dimana proses netralisasi dilanjutkan. Apabila perlu dengan penambahan *lime milk* yang diatur dengan *Automatic Valve* ACV-6602, pH diatur 6,5 – 8,0. Jika air netral yang *overflow* dari 30-TK-6601 pHnya dibawah 6,5 – 8,0 maka ACV-6602 akan secara otomatis membuka dan *lime milk* akan masuk ke 30-TK-6602 dan diaduk dengan *pH Adjusting Tank Agitator* 30-M-6602. Pengaruh dari netralisasi ini akan membentuk partikel-partikel kecil (mikroflok) dengan komposisi utamanya  $\text{CaF}_2$  (kalsium fluorida) dan  $\text{Ca}_3(\text{O}_4)_2$  (kalsium fosfat).

Dari 30-TK-6602 air netral *overflow* ke *Coagulation Tank* 30-TK-6603 dan diinjeksi larutan *polymer* dari 30-P-6621 A/B, kemudian terjadi proses penggumpalan dari partikel kecil menjadi gumpalan yang lebih besar. TK-6603 dilengkapi dengan *Coagulant Tank Agitator* 30-M-6603. Dari 30-TK-6603 *slurry overflow* ke *Primary Clarifier Tank/Thickener* 30-D-6604 yang berfungsi untuk memisahkan sedimen dengan air secara gravitasi. Air yang sudah jernih disebut *Neutralized Water* sedangkan lumpurnya disebut *Thickened Slurry*. *Neutralized Water* dari 30-D-6604 *overflow* ke *Neutralized Water Pit* 30-D-6605 dan didistribusikan dengan *Neutralized Water Pump* 30-P-6602 A/B ke:

- a. *Gypsum Purification Plant*
- b. *Chemical Preparation Section*
- c. Kelebihan *Neutralized Water* akan ditransfer ke 30-TK-6651 *Mixing Tank*

Dari hasil sedimentasi *thickened slurry* dengan konsentrasi 10% di bawah 30-D-6604 dikirim dengan pompa ke *Sludge Thickener* untuk pengendapan tingkat kedua agar konsentrasi *sludge* menjadi 15%. Dasar proses *Primary Waste Water Treatment Section* adalah:

- a. Pengaturan pH di *pH Adjusting Tank*
- b. Penggumpalan/koagulasi di *Coagulation Tank*
- c. Pengendapan/sedimentasi dan penjernihan/pemisahan padatan dengan cairan di *Primary Clarifier Tank/Thickener*.

Adapun spesifikasi kualitas air hasil penjernihan (*Neutralized Water*) dapat dilihat di Tabel 2.10.

**Tabel 2.10 Kualitas *Neutralized Water***

No	Parameter	Satuan	Hasil
1	pH	-	6 – 8
2	PO <sub>4</sub>	mg/L	50
3	F	mg/L	110
4	t	°C	50

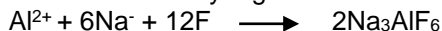
Sumber: Laboratorium Unit Produksi III PT Petrokimia Gresik

### 3. *Secondary Section*

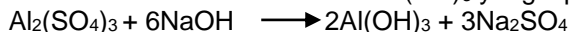
Lumpur dari bawah *Primary Thickener* 30-D-6604 dengan konsentrasi 10% dikirim ke *Sludge Thickener* 30-D-6631 dengan *DeSludge Pump* 30-P-6601-AB. Disini lumpur diendapkan secara gravitasi sekaligus menjernihkan air dan memekatkan konsentrasi lumpur. Dalam kondisi *emergency* lumpur dari 30-D-6604 bisa langsung dikirim ke *Vacuum Filter* 30-Fil-6641 A/B. Diharapkan konsentrasi lumpur pada bawah *Sludge Thickener* 30-D-6631 di atas 15% maka lumpur akan dikirim dengan *DeSludge Pump* 30-P-6631 A/B/C ke *Filtration Section* untuk difiltrasi. *Sludge Thickener* 30-D-6631 dilengkapi dengan *scraper* untuk *sludge thickener* 30-M-6631 yang berfungsi mengumpulkan lumpur ke *bottom cone* juga dilengkapi dengan *sump scraper* untuk mencegah buntuan *bottom outlet Clarifier/Thickener*.

*Primary Section* juga dilengkapi dengan *Drainage Water Pit* 30-D-6606 yang berfungsi sebagai penampung air drain dari *Suction pompa/Leak Sludge* dan *sewer-sewer* yang ada di *plant*. Air dari *drainage water pit* 30-D-6606 ditransfer kembali ke 30-D-6604 dengan 30-P-6604 A/B untuk diproses lagi. Sedangkan air bersih *sludge thickener* 30-D-6631 akan *overflow* ke *Overflow Pit* 30-D-6632 dan dipompa dengan *Overflow Return Pump* 30-P-6632-A/B untuk ditransfer ke *Mixing Tank* 30-TK-6651. *Neutralized Water* dari *Neutralized Water Pit* 30-D-6605 dari *Overflow Pit* 30-D-6602 yang dikirim ke *Mixing Tank* 30-TK-6651 dipasang *flow indicator* FI-6604 untuk mengukur flow *Neutralized Water* yang akan diolah menjadi *Treated Water*. *Neutralized Water* yang ada di 30-TK-6651 diinjeksi alum dan soda kaustik dengan dosis tertentu untuk proses netralisasi tingkat kedua.

Alum dan soda kaustik yang ditambahkan untuk membentuk:



Fungsi lain dari soda kaustik sebagai sumber alkali, untuk menaikkan pH *treated water*. Sisa F dan PO<sub>4</sub> yang belum dinetralisasi akan diabsorpsi oleh flok Al(OH)<sub>3</sub> yang diperoleh dari:



Untuk mempercepat reaksi dalam *Mixing Tank* 30-TK-6651 diaduk dengan *Mixing Tank Agitator* 30-M-6651. Dari TK-6651 air secara *overflow* mengalir ke *Coagulant Tank* 30-TK-6652 diaduk dengan *Coagulant Tank Agitator* 30-M-6652. Di 30-TK-6652 diinjeksi larutan *Polymer* dari *Polymer Dissolving Tank* 30-TK-6621 untuk mengikat flok yang masih merupakan partikel kecil menjadi gumpalan yang lebih besar dan memperkecil *suspended solid* dalam air. Setelah itu flok koagulasi akan mengalir ke *Secondary Clarifier Tank* 30-D-6653 dan dидiamkan untuk proses pengendapan kembali sehingga terjadi pemisahan secara gravitasi menjadi lumpur dan *treated water*. *Secondary Clarifier Tank/Thickener* 30-D-6653 dilengkapi dengan *Scrapper for Secondary Clarifier* 30-M-6653.

*Treated Water* adalah produk dari WWTP yang bisa dibuang langsung ke sewer/laut bebas sesuai dengan kriteria Kementerian Lingkungan Hidup sebagai perwujudan untuk menuju produksi bersih dan ramah lingkungan. Spesifikasi kualitas *treated water* dapat dilihat pada Tabel 2.11.

**Tabel 2.11 Kualitas *Treated Water***

No	Parameter	Satuan	Hasil
1	pH	-	6 – 9
2	PO <sub>4</sub>	mg/L	30
3	F	mg/L	30
4	TSS	mg/L	200
5	t	°C	40

Sumber: Laboratorium Unit Produksi III PT Petrokimia Gresik

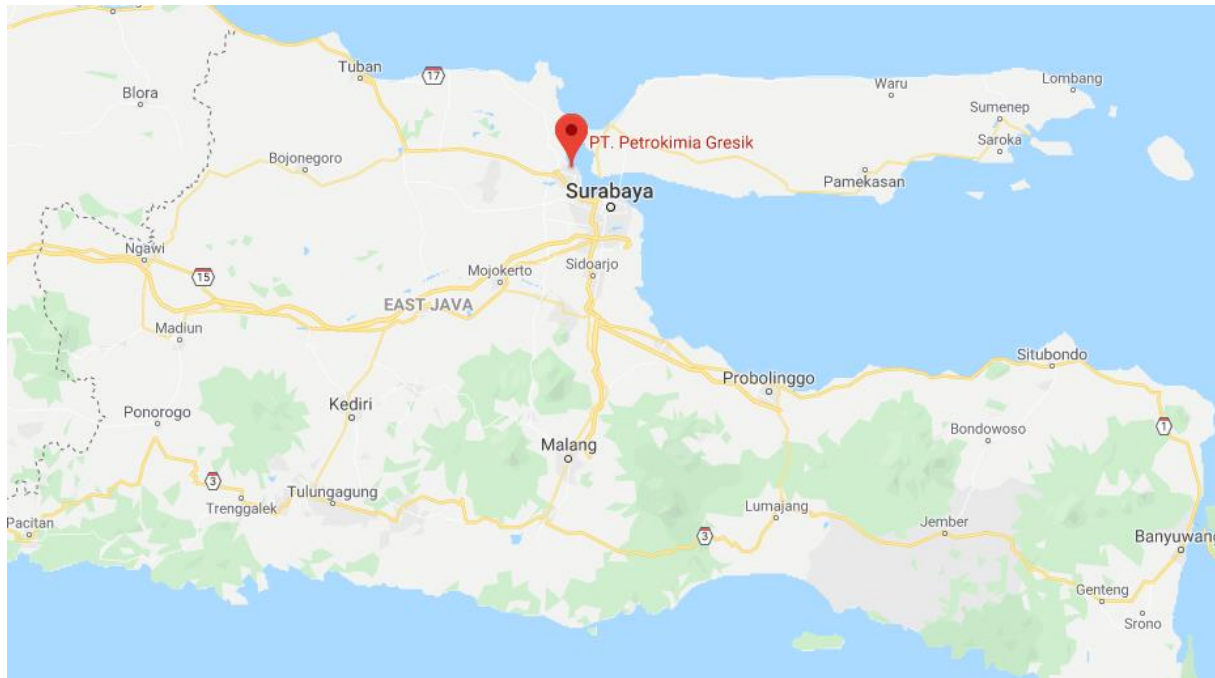
#### 4. *Filtration Section*

Lumpur yang pekat dengan konsentrasi >15% dari bawah *Sludge Thickener* 30-D-6631 ditransfer ke *Slurry Tank Vacuum Filter* 30-FIL6641A/B dengan *DeSludge Pump* 30-P-6631 A/B/C. Level lumpur di *slurry tank* yang merendam drum filter akan terhisap *Vacuum Pump* 30-C-6641 A/B sehingga *cake* akan menempel ada bagian luar *cloth*, sedangkan air sebagai filtrat lolos melalui pori-pori *cloth* filter ke *Filtrate Separator* 30-D-6641 A/B. *Filtrate water* dengan *Filtrate Pump* 30-P-6641 A/B dikirim ke *pH Adjusting Tank* 30-TK-6602 untuk diolah kembali. Vakum/penghisapan lumpur sampai batas *Filtration Zone* dengan vakum -400 sampai dengan -500 mmHg kelebihan lumpur yang tidak terhisap akan *overflow* kembali ke *Sludge Thickener* 30-D-6631.

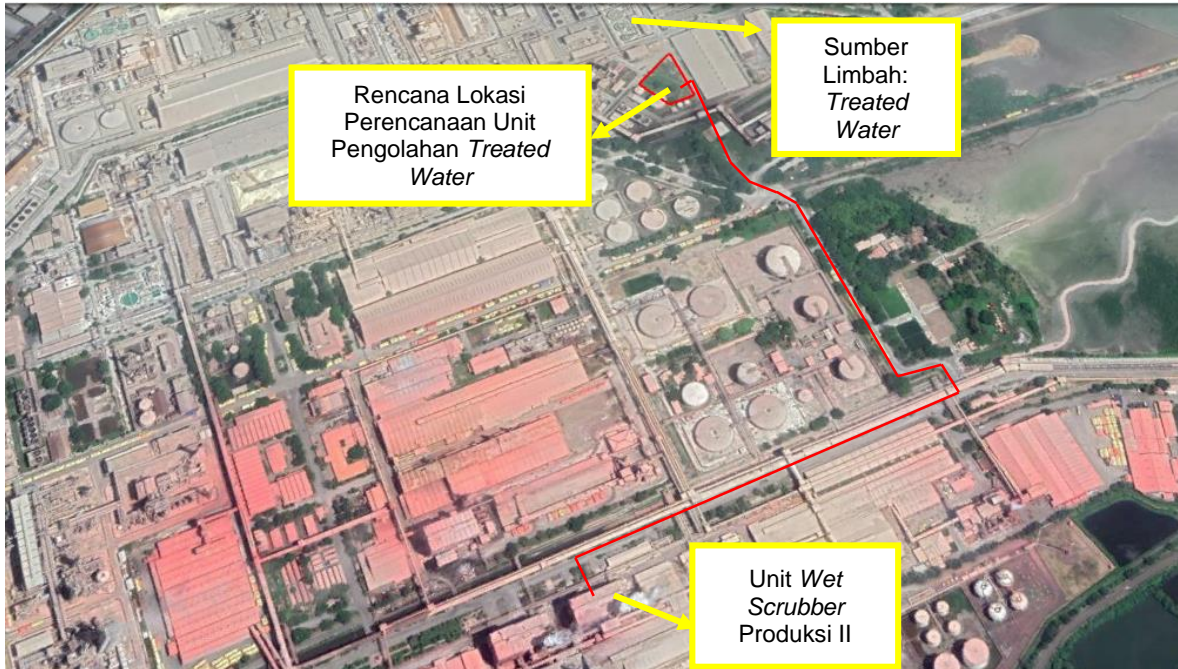
Selanjutnya dengan adanya vakum dan putaran drum filter, *cake* akan menempel sehingga terjadi proses filtrasi pada *filtration zone* dan proses *dewatering* pada *Dehydration Zone*. *Cake* yang menempel *cloth filter* akan sampai pada *Destruction Zone* (daerah bebas vakum) sehingga pada waktu *cake* melewati *discharge roll* yang dilengkapi dengan *rubber scrapper*, *ake* akan mengelupas dan jatuh ke *Conveyor* 30-M-6641 selanjutnya masuk ke *Cake Hopper* 30-H-6641 untuk ditampung sementara. 30-H-6641 dilengkapi dengan *Level Switch High Alarm*, sehingga pada waktu *level cake hopper high* akan mencapai alarm dan harus membuka *gate hopper* dengan alat bantu *hydraulic cylinder* secara manual *cake* masuk ke dalam *Dump Truck* untuk dibuang ke *disposal waste area* sebagai limbah padat. *Filter Cloth* yang masih kotor selanjutnya dicuci dengan *Treated Water* yang disemprotkan pada sisi luar dan dalam dengan *press* 3,5 kg/cm<sup>2</sup>, debit 300 liter/menit dan siap untuk *cyclus filtration* selanjutnya. Air bekas pencucian *cloth filter* (*Washing Water*) dialirkan secara gravitasi ke *Coagulant Tank* D-TK-6603 di *Primary Section* untuk diolah kembali.

Untuk lebih jelasnya, diagram alir *Effluent Treatment IIIB* di Unit Produksi III dapat dilihat pada Gambar 2.9. Pada Gambar 2.9, sampel yang digunakan yaitu *Treated Water* berupa limbah cair hasil dari pengolahan *Unit Secondary Treatment* karena pada *Treated Water* terdapat potensi untuk pemanfaatan kembali sebagai air untuk proses *scrubbing* dan juga sebelumnya belum ada penelitian dan pemanfaatan dari *Treated Water* ini. Berbeda

dengan *Neutralized Water* yang sudah dimanfaatkan untuk purifikasi *gypsum*.



**Gambar 2.6 Lokasi Industri PT Petrokimia Gresik**  
Sumber: *Google Earth*



**Gambar 2.7** *Layout Pengolahan Treated Water*  
Sumber: *Google Earth*

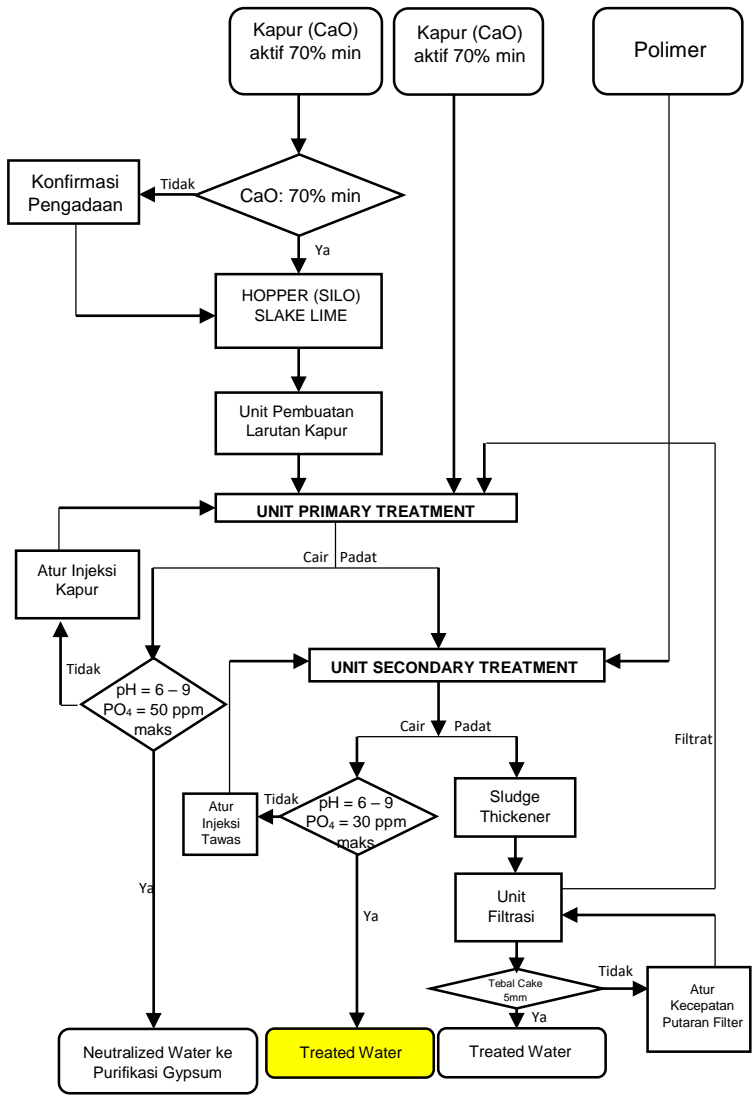


Sumber  
Limbah:  
*Treated Water*

Rencana Lokasi  
Perencanaan Unit  
Pengolahan *Treated Water*

**Gambar 2.8 Lokasi Unit Pengolahan *Treated Water***  
Sumber: *Google Earth*





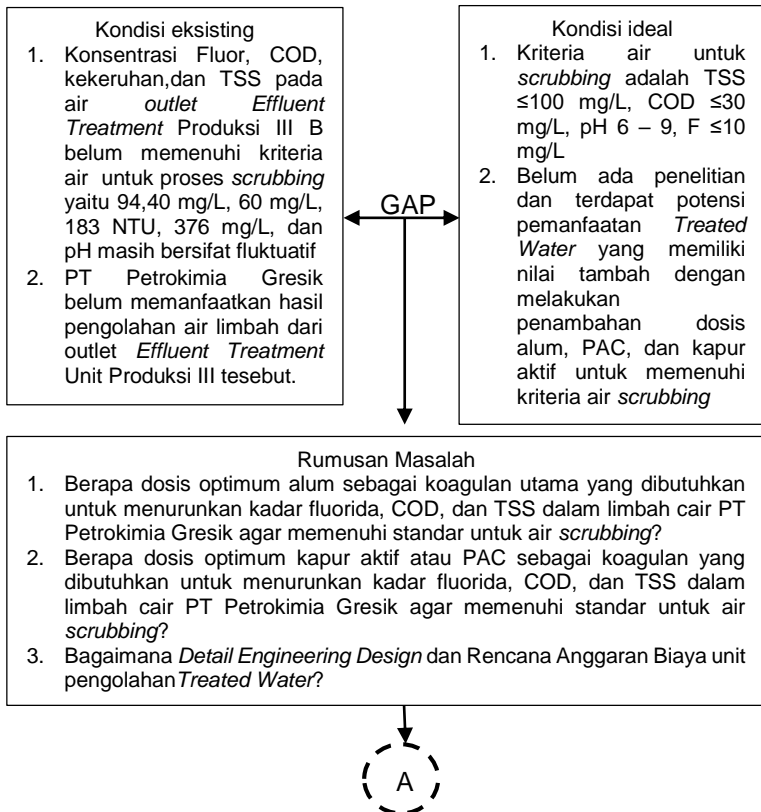
**Gambar 2.9** Diagram Alir *Effluent Treatment IIB*

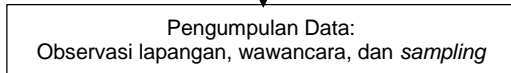
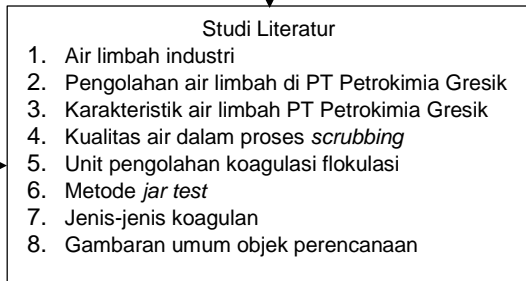
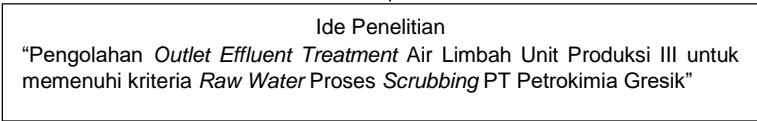
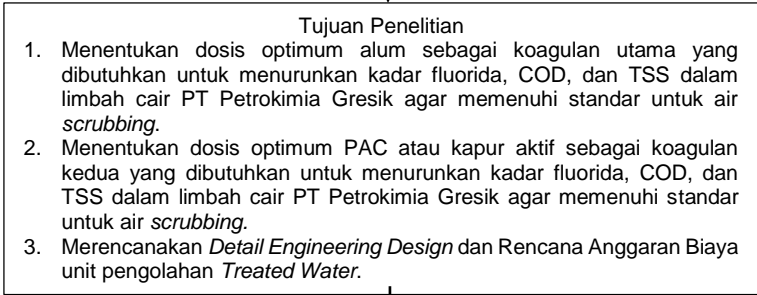
**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

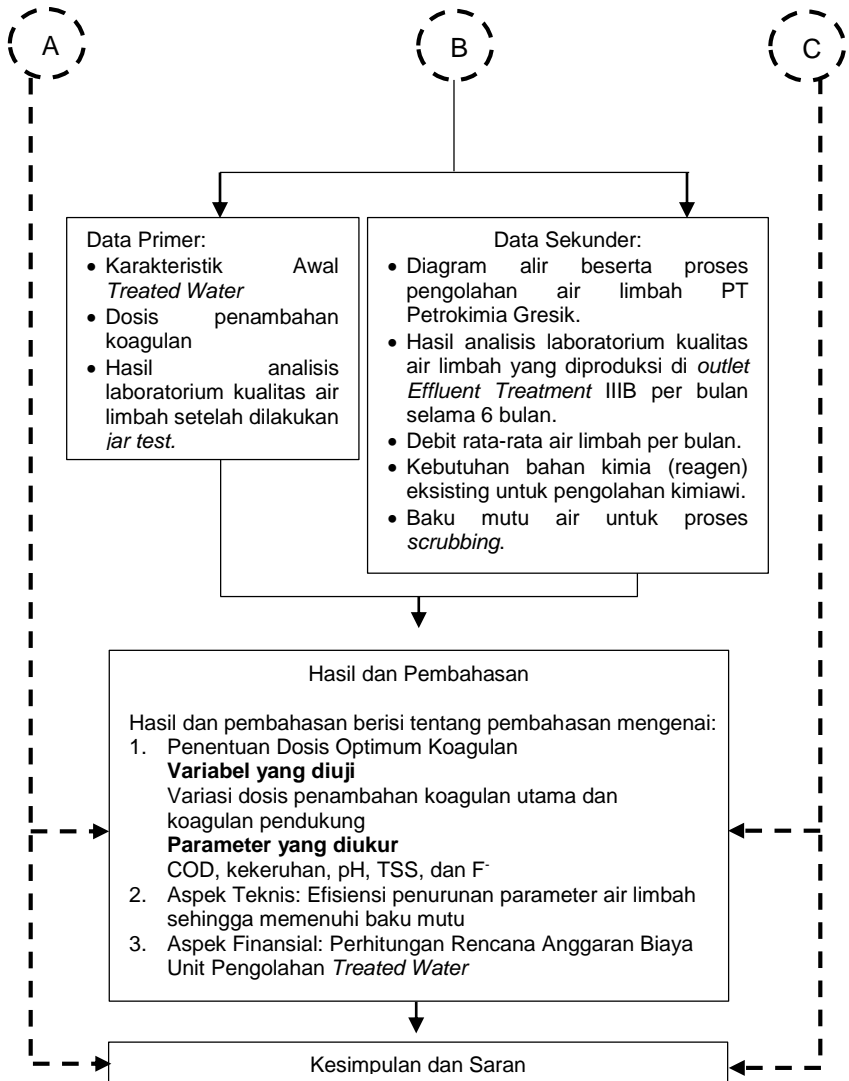
## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Kerangka Penelitian

Pembuatan kerangka penelitian memiliki tujuan agar penelitian berjalan sesuai dengan rencana dan dapat memenuhi tugas yang telah ditetapkan. Kerangka penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.







**Gambar 3.1 Kerangka Penelitian**

### 3.2 Waktu dan Tempat Studi

Sasaran penelitian adalah di lokasi outlet *Effluent Treatment* IIIB Unit Produksi III PT Petrokimia Gresik dan *Wet Scrubber* Unit Produksi II. Pengambilan data primer maupun sekunder dilaksanakan di perusahaan, namun pengolahan data dilaksanakan di Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS. Analisis sampel air limbah dilakukan oleh pihak ketiga, namun untuk penenitian pendahuluan dilaksanakan di Laboratorium Pemulihan Air Departemen Teknik Lingkungan. Waktu yang diperlukan untuk penelitian dalam pemanfaatan air limbah outlet Unit Pabrik III untuk *raw water* dalam proses *scrubbing* adalah 4 bulan, yaitu bulan September hingga Desember 2019.

### 3.3 Metode Penelitian

Adapun metode penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

#### 3.3.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah diperoleh dari pengkajian kondisi eksisting dengan kondisi ideal air limbah. Air hasil pengolahan dari *Effluent Treatment* IIIB berupa *Treated Water* memiliki potensi untuk dapat dimanfaatkan kembali menjadi air untuk proses *Scrubbing* di *Wet Scrubber* Unit Produksi II dan membuat pipa menjadi mengerak, namun PT Petrokimia Gresik belum memanfaatkan *Treated Water* karena konsentrasi COD, fluorida, kekeruhan, dan TSS Limbah PT Petrokimia Gresik *Treated Water* yang masih belum memenuhi kriteria persyaratan air *scrubbing*. Apabila *treated water* belum diolah lagi, maka kelebihan kandungan fluorida, COD, TSS, dan kekeruhan dapat mengganggu proses produksi di Unit Produksi II. Oleh karena itu perlu adanya penambahan alum sebagai koagulan utama dan PAC & kapur aktif sebagai koagulan aid dengan menggunakan metode *jar test* koagulasi dua kali untuk menurunkan konsentrasi fluorida dan TSS serta menggunakan aerasi untuk menurunkan COD. Oleh karena itu, perlu adanya analisis mengenai kualitas air limbah sebelum dan sesudah dilakukan *jar test* dengan penambahan aluminium sulfat, PAC, dan kapur aktif agar mencapai kondisi ideal.

### 3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk menambah pemahaman terkait penelitian yang dilakukan dan menentukan variabel tetap yang akan digunakan pada penelitian ini. Studi literatur yang akan digunakan berupa jurnal penelitian, peraturan, *textbook*, disertai, *website*, laporan tugas akhir, laporan kerja praktek serta makalah dan seminar yang berkaitan dengan penelitian ini. Literatur yang dibutuhkan untuk dipelajari meliputi:

1. Air limbah industri
2. Pengolahan air limbah di PT Petrokimia Gresik
3. Karakteristik air limbah PT Petrokimia Gresik
4. Kualitas air dalam proses *scrubbing*
5. Unit pengolahan koagulasi flokulasi
6. Metode *jar test*
7. Jenis-jenis koagulan
8. Gambaran umum objek perencanaan

### 3.3.3 Pengumpulan Data

Penelitian dilakukan untuk menganalisis kemampuan PAC dan kapur aktif untuk menurunkan kadar COD, fluorida, kekeruhan, dan TSS agar air limbah dapat dimanfaatkan kembali menjadi *raw water* untuk proses *scrubbing*. Data yang dikumpulkan meliputi data primer dan sekunder. Data sekunder diperlukan untuk mengetahui kondisi eksisting wilayah studi. Data primer digunakan untuk mengetahui perubahan yang mungkin terjadi setelah terjadi perlakuan penambahan koagulan aluminium sulfat, PAC, dan kapur aktif.

#### A. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara observasi lapangan, wawancara dan *sampling*.

1. Observasi lapangan

Observasi lapangan diperlukan untuk mengetahui kondisi sesungguhnya di lapangan yang menjadi pertimbangan dalam penelitian. Observasi lapangan berkaitan dengan pengolahan limbah cair yang ada dan karakteristik air limbah yang dihasilkan. Data yang dibutuhkan adalah data kondisi eksisting di lapangan.

Data tersebut untuk mengetahui kondisi eksisting yang diperlukan meliputi sistem pengolahan limbah cair yang digunakan, unit-unit yang ada di Unit Produksi III, dan karakteristik air limbah yang dihasilkan. Data-data tersebut akan digunakan sebagai dasar penelitian.

## 2. Wawancara

Metode wawancara dilakukan melalui tanya jawab dengan pelaku usaha maupun fungsi terkait yang bertanggung jawab dalam pengolahan limbah cair. Dalam hal ini narasumber yang dipilih adalah staf bagian lingkungan dan *senior supervisor* lingkungan dan K3. Data yang diperoleh melalui metode wawancara berkaitan dengan proses yang digunakan dalam pengolahan air limbah, sistem produksi limbah cair, SOP pembuangan limbah cair, permasalahan yang pernah terjadi berkaitan dengan pengolahan limbah cair, serta informasi lain yang diperlukan.

## 3. Sampling

*Sampling* dilakukan untuk mengetahui data kualitas air limbah. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *grab sampling* yang mengacu pada pedoman SNI 6989.59-2008. Air limbah yang telah diolah pada saat sampling adalah air limbah dengan jenis *treated water*. Lokasi sampling dilakukan pada titik outlet unit *Treated Water Effluent Treatment* III B. Jumlah *Treated Water* yang diambil dalam sekali *sampling* adalah 70 Liter. Data primer digunakan untuk mengetahui kualitas *Treated Water* setelah melakukan *sampling*. *Sampling* dilakukan pada saat pabrik sedang normal beroperasi. Pengambilan sampel pada saat normal beroperasi dilakukan untuk mendapatkan hasil uji kualitas air limbah dengan pH netral dan dilakukan sebanyak tiga kali dengan jam yang sama dan hari yang berbeda. Pengujian sampel bertujuan untuk mengetahui efisiensi penurunan parameter air limbah. Sampel air limbah diambil pada titik *sampling* yaitu di *outlet Effluent Treatment* Unit Produksi III. Sampel air limbah yang telah diperoleh selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kualitasnya. Parameter yang dianalisis antara lain COD, TSS, fluor, kekeruhan, dan pH. Lokasi *sampling* dapat dilihat pada Gambar 3.2.





**Gambar 3.2 Lokasi Pengambilan Sampel**

Sumber: *Google Earth*

Sedangkan untuk metode analisis parameter air limbah dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Metode Analisis Parameter Air Limbah**

No	Parameter	Satuan	Metode Uji
1	COD	mg/L	Titrasi; SNI 6989.2-2009
2	TSS	mg/L	Gravimetri; SNI 06-6989.3-2004
3	Fluorida	mg/L	Spektrofotometri; SNI 06-6989.29-2005
4	Turbiditas	NTU	Nefelometri; SNI 06-6989.25-2005
5	pH	–	SNI 6989. 11-2004

Sumber: Laboratorium Lingkungan PT Petrokimia Gresik

## B. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari statistik maupun perusahaan yang terkait dan merupakan data pendukung dari data primer. Data sekunder didapatkan dari data pemantauan efluen air limbah yang dilakukan perusahaan setiap hari. Data sekunder ini digunakan untuk melihat fluktuasi pH pada *Treated Water Effluent Treatment* IIIB. Data sekunder disesuaikan dengan kebutuhan penelitian yang terdiri dari:

- a. Diagram alir beserta proses pengolahan air limbah PT Petrokimia Gresik.
- b. Hasil analisis laboratorium kualitas air limbah yang diproduksi di *outlet Effluent Treatment* IIIB per bulan selama 6 bulan.
- c. Debit rata-rata air limbah per bulan.
- d. Kebutuhan bahan kimia (reagen) eksisting untuk pengolahan kimiawi.
- e. Kriteria air untuk proses *scrubbing*.

### 3.3.4 Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan mencakup dosis optimum koagulan untuk proses pengolahan dan desain unit. Pada penelitian dan perencanaan ini ditinjau dari aspek teknis dan aspek finansial. Aspek teknis meliputi efisiensi penurunan parameter air limbah agar sesuai standar air *scrubbing*, operasional dan desain unit koagulasi-flokulasi sesuai kriteria desain. Aspek finansial meliputi biaya investasi, biaya operasi, dan biaya perawatan.

#### 3.3.4.1 Penentuan Dosis Optimum Koagulan

Penentuan dosis optimum koagulan bertujuan untuk mengetahui berapa dosis optimum koagulan yang dapat ditambahkan sehingga dapat menurunkan parameter air limbah tertinggi dengan biaya yang ekonomis. Percobaan ini menggunakan metode *jar test* dan koagulan yang digunakan adalah alum sebagai koagulan utama dan kapur aktif serta PAC sebagai koagulan aid. Alasan pemilihan jenis koagulan tersebut adalah:

- a) Jenis koagulan tersebut memiliki kemampuan untuk menurunkan parameter COD dan TSS air limbah secara efektif.
- b) Mudah diperoleh di pasaran.
- c) Harga ekonomis.
- d) Ramah lingkungan.

Parameter yang dianalisis dari penelitian ini adalah pH, kekeruhan, COD, fluor, dan TSS. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan jenis koagulan yang sesuai beserta dosis optimumnya agar dapat memenuhi kriteria air yang sudah ditetapkan untuk proses *scrubbing*. Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini adalah pH, TSS, COD, kekeruhan, dan F. Proses koagulasi dua kali yang berlangsung dengan baik mampu menurunkan kekeruhan, COD, dan TSS pada limbah menjadi berkurang. Menurut Nurmalita (2013), kekeruhan dapat disebabkan karena adanya material berupa bahan organik dan anorganik yang tersuspensi maupun terlarut seperti lumpur, pasir halus, atau bahan organik plankton dan mikroorganisme yang lain di dalam air. Parameter F dan TSS menjadi fokus utama dalam penelitian pendahuluan kali ini karena parameter-parameter tersebut masih melebihi kriteria air untuk proses *scrubbing*. Koagulan utama yang digunakan dalam penelitian pendahuluan kali ini adalah aluminium sulfat dan untuk koagulan pendukung yang digunakan adalah kapur aktif (CaO) atau *Poly Aluminium Chloride* (PAC) yang mudah ditemukan di pasaran. Spesifikasi bahan kimia yang digunakan dalam penelitian pendahuluan kali ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2 Spesifikasi Bahan Kimia yang Digunakan dalam Penelitian**

Bahan Kimia	Bentuk	Kemurnian (%)	Harga per kg
Aluminium Sulfat	Serbuk halus	17%	Rp 10.000
Kapur Aktif	Serbuk halus	80%	Rp 5.000
PAC	Serbuk halus	30%	Rp 20.000

Bahan Kimia	Bentuk	Kemurnian (%)	Harga per kg
Kalsium Karbonat	Serbuk halus	70%	Rp 3.000

Langkah pertama yang dilakukan yaitu membuat larutan stok koagulan dengan konsentrasi 10.000 mg/L. Larutan koagulan stok dibuat dengan berat sesuai perhitungan tertentu yang kemudian dilarutkan ke dalam 1 Liter aquades dan diaduk hingga larutan tersebut homogen.

$$10 \text{ gram aluminium sulfat} = \frac{\text{massa}}{\% \text{ kadar}}$$

$$\text{Massa aluminium sulfat} = \frac{10 \text{ gram}}{17\%}$$

$$= 58,82 \text{ gram dilarutkan ke 1L aquades}$$

Hasil perhitungan kebutuhan bahan kimia untuk membuat larutan stok koagulan dan larutan stok  $\text{CaCO}_3$  sebagai pengatur pH dengan konsentrasi 10 gram/L dapat dilihat pada Tabel 3.3.

**Tabel 3. 3 Kebutuhan Bahan Kimia sebagai Larutan Stok**

No	Koagulan	Kadar (%)	Konsentrasi Stok (mg/L)	Berat yang Diperlukan (gram)
1	Aluminium Sulfat	17	10000	58,82
2	Kapur aktif	80	10000	12,50
3	PAC	30	10000	33,33
4	Kalsium karbonat	70	10000	14,29

Berdasarkan Tabel 3.3, jenis koagulan aluminium sulfat memerlukan jumlah paling banyak ketika dilarutkan yaitu 588,24 gram karena kemurnian alum dalam serbuknya hanya 17%. Sedangkan kapur aktif jumlahnya paling sedikit ketika dilarutkan yaitu 12,5 gram karena memiliki kemurnian yang tinggi yaitu sebesar 80%. Kebutuhan koagulan tersebut bergantung pada jumlah % kadar bentuk koagulan itu sendiri.

Kemudian langkah berikutnya adalah melakukan *jar test*. Hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan rentang dosis pada masing-masing koagulan. Perhitungan jumlah volume larutan stok yang akan ditambahkan agar sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan menggunakan rumus pengenceran seperti pada persamaan 3.1.

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2 \quad (3.1)$$

Dimana:

$C_1$  = Konsentrasi yang diinginkan (misal 100 mg/L)

$V_1$  = Volume sampel (500 mL)

$C_2$  = Konsentrasi larutan koagulan stok (10000 mg/L)

$V_2$  = Volume larutan koagulan stok yang ditambahkan (mL)

Contoh perhitungan:

$C_1 = 100$  mg/L

$C_2 = 10000$  mg/L

$V_1 = 500$  mL

Maka,  $V_2 = \frac{C_1 \times V_1}{C_2} = \frac{100 \times 500}{10000} = 5$  mL

Hal ini berarti larutan sampel dengan konsentrasi 100 mg/L, perlu ditambahkan 5 mL larutan koagulan utama dan koagulan aid ke dalam 500 mL sampel.

Langkah selanjutnya yaitu mengecek pH dan memastikan bahwa pH sudah berada dalam kondisi yang tidak fluktuatif dan memenuhi syarat pH agar koagulan dapat bekerja secara optimum. Dalam percobaan kali ini, pH terendah terdapat pada hasil sampling keempat yaitu 5,8 maka dari itu perlu dinaikkan menjadi 8 dengan cara menambahkan  $\text{CaCO}_3$ . Hal ini berlaku juga untuk hasil kualitas *treated water* yang belum mencapai pH 8. Untuk pembuatan larutan stok  $\text{CaCO}_3$ , sama caranya seperti membuat larutan stok koagulan. Kemurnian  $\text{CaCO}_3$  yang

digunakan kali ini adalah 70%, sehingga perlu melarutkan 14,29 gram  $\text{CaCO}_3$  ke dalam 1 L aquades agar didapatkan larutan stok  $\text{CaCO}_3$  dengan konsentrasi 10000 mg/L.

Pada percobaan *jar test*, diambil hasil kualitas sampel tertinggi dan terendah yaitu pada hasil *sampling* pertama dan hasil *sampling* keempat agar didapatkan *range* biaya yang dibutuhkan untuk pengolahan. Pengadukan cepat dilakukan dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit, kemudian dilanjutkan dengan pengadukan dengan kecepatan 100 rpm selama 2 menit dan sedimentasi selama 60 menit. Penentuan dosis optimum koagulan untuk mengolah *treated water* dilakukan dengan 2 tahap.

#### **A. Persiapan Alat dan Bahan**

Persiapan alat dan bahan merupakan tahap pertama yang dilakukan. Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini.

##### **a. Alat**

Alat utama yang akan digunakan pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. pH meter
2. Neraca Analitik
3. *Jar Test*
4. Turbidimeter
5. Spektrofotometer
6. Alat *reflux*, tabung vial COD
7. *Furnace*, oven, cawan porselin, desikator, pinset, kertas saring
8. Peralatan yang umum digunakan dalam praktikum seperti gelas ukur, propipet, pipet ukur, pipet tetes, botol penyemprot aquades, spatula besi, labu pengencer, labu Erlenmeyer, dan *beaker glass*.
9. *Beaker glass* 1L sebanyak 6 buah

##### **b. Bahan**

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. *Treated Water* dari *outlet Effluent Treatment* IIIB PT Petrokimia Gresik
2. Aluminium sulfat yang digunakan sebagai koagulan utama.

3. PAC dan kapur aktif yang digunakan sebagai koagulan pendukung.
4. Aquades
5. Analisis COD: larutan kalium dikromat, campuran larutan  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , larutan standar ferro ammonium sulfat, dan indikator ferroin.
6. Analisis F: aquades, SPADNS, asam zirkonil, asam klorida pekat, dan natrium arsenit.

## B. Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini adalah jenis koagulan *aid* dan penambahan dosis koagulan. Dosis awal yang akan ditambahkan adalah rentang 30 mg/L – 80 mg/L untuk koagulan utama dan koagulan *aid*. Lalu dicari dosis optimum pada masing-masing koagulan untuk *Treated Water*. Kecepatan pengadukan cepat *jar test* ditentukan 200 rpm dan 100 rpm masing-masing selama 2 menit. Variasi penambahan dosis koagulan dapat dilihat pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4 Variasi Dosis Penambahan Koagulan**

No	Jenis Koagulan	Parameter Analisis	Konsentrasi Koagulan (mg/L)					
			I	II	III	IV	V	VI
1	Aluminium sulfat	Turbiditas TSS, COD, pH, F	30	40	50	60	70	80
	Kapur Aktif		30	40	50	60	70	80
Aluminium sulfat	30		40	50	60	70	80	
PAC	30		40	50	60	70	80	

Keterangan:

- I = Variasi dosis penambahan koagulan
- II = Variasi dosis penambahan koagulan
- III = Variasi dosis penambahan koagulan
- IV = Variasi dosis penambahan koagulan
- V = Variasi dosis penambahan koagulan

### C. Pelaksanaan Penelitian

Prosedur penelitian penentuan dosis optimum koagulan menggunakan metode *jar test* adalah sebagai berikut:

1. Mengambil sampel air limbah sebanyak 3L.
2. Menganalisis nilai pH, kekeruhan, COD, fluor, dan TSS awal sebelum koagulasi dua kali.
3. Memasukkan air limbah sebanyak 500 ml ke dalam *beaker glass* sejumlah 5 gelas.
4. Menambahkan koagulan utama aluminium sulfat dengan dosis penambahan 30 mg/L – 80 mg/L.
5. Mengaduk larutan sampel menggunakan *jar test* dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit sebagai pengadukan cepat.
6. Menambahkan koagulan pendukung kapur aktif/PAC dengan dosis penambahan 30 mg/L – 80 mg/L.
7. Menurunkan kecepatan pengadukan *jar test* hingga 100 rpm selama 2 menit untuk pengadukan cepat.
8. Mendinginkan larutan setelah dari *jar test* selama 60 menit untuk proses pengendapan.
9. Mengambil masing-masing sampel dari larutan tersebut sebanyak 50 mL untuk dianalisis pH, kekeruhan, fluor, COD, dan TSS setelah proses koagulasi-flokulasi.
10. Menganalisis efisiensi kekeruhan, fluor, COD, dan TSS awal dan akhir dengan persamaan:

$$E = \frac{Si - So}{Si} \times 100 \%$$

Dimana :

E = Efisiensi penyisihan parameter air limbah (%)

Si = Konsentrasi awal (mg/L)

So = Konsentrasi akhir (mg/L)

11. Menentukan dosis optimum masing-masing koagulan yang memiliki efisiensi penurunan kekeruhan, fluor, COD, dan TSS terbesar pada air limbah serta melakukan pengecekan pH agar tetap sesuai kriteria air untuk *scrubbing*.
12. Memilih dosis optimum paling efektif untuk mengolah air limbah.



#### **3.3.4.2 Perencanaan *Detail Engineering Design* Unit Pengolahan *Treated Water***

Tahap selanjutnya adalah gambar *Detail Engineering Design* unit pengolahan koagulasi 1, koagulasi 2, dan sedimentasi. Gambar berupa *layout*, denah unit, potongan melintang dan memanjang unit koagulasi dan unit sedimentasi, dan profil hidrolis. Debit *treated water* di Unit Produksi III sebesar 100 m<sup>3</sup>/jam dan debit untuk *wet scrubber* sebesar 90 m<sup>3</sup>/jam.

#### **3.3.4.3 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya Unit Pengolahan *Treated Water***

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya unit Koagulasi dan Unit Sedimentasi mengacu pada harga pasar dan HSPK Kota Surabaya 2018.

#### **3.3.5 Kesimpulan dan Saran**

Pada sub-bab kesimpulan dan saran menjawab dari tujuan penelitian yang telah ditentukan sebelumnya. Penarikan kesimpulan penelitian dapat dijadikan acuan dalam pembuatan saran bagi penelitian selanjutnya.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Karakteristik Air Limbah

Data karakteristik air limbah diperoleh dari data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari hasil *sampling* yang dianalisis di laboratorium. Sampling dilakukan pada hari Senin, 18 November 2019, hari Selasa, 19 November 2019, hari Rabu, 20 November 2019, hari Kamis, 19 Desember 2019, dan hari Jumat, 27 Desember 2019. Hasil analisis *Treated Water* menunjukkan bahwa kualitas *Treated Water* belum memenuhi kriteria air untuk proses *scrubbing* unit *Wet Scrubber* di Unit Produksi II yang sudah ditentukan oleh Departemen LK3 PT Petrokimia Gresik. Hasil analisis outlet *Treated Water Effluent Treatment* IIIB dapat dilihat pada Tabel 4.1 – Tabel 4.5.

**Tabel 4.1 Hasil Analisis Outlet *Treated Water* pada *Sampling* Pertama**

No	Parameter	Satuan	Kriteria	Hasil
1	pH	-	6 – 9	7,7
2	TSS	mg/L	100	376
3	COD	mg/L	30	60
4	Kekeruhan	NTU	-	183
5	F	mg/L	10	94,40

**Tabel 4.2 Hasil Analisis Outlet *Treated Water* pada *Sampling* Kedua**

No	Parameter	Satuan	Kriteria	Hasil
1	pH	-	6 – 9	7,5
2	TSS	mg/L	100	132

No	Parameter	Satuan	Kriteria	Hasil
3	COD	mg/L	30	24
4	Kekeruhan	NTU	-	88,2
5	F	mg/L	10	71,54

**Tabel 4.3 Hasil Analisis Outlet *Treated Water* pada  
*Sampling Ketiga***

No	Parameter	Satuan	Kriteria	Hasil
1	pH	-	6 – 9	8
2	TSS	mg/L	100	114
3	COD	mg/L	30	28
4	Kekeruhan	NTU	-	75,5
5	F	mg/L	10	96,94

**Tabel 4.4 Hasil Analisis Outlet *Treated Water* pada  
*Sampling Keempat***

No	Parameter	Satuan	Kriteria	Hasil
1	pH	-	6 – 9	5,8
2	TSS	mg/L	100	76
3	COD	mg/L	30	34
4	Kekeruhan	NTU	-	38,6
5	F	mg/L	10	38,92

**Tabel 4.5 Hasil Analisis Outlet *Treated Water* pada  
*Sampling Kelima***

No	Parameter	Satuan	Kriteria	Hasil
1	pH	-	6 – 9	7,13
2	TSS	mg/L	100	164
3	COD	mg/L	30	44
4	Kekeruhan	NTU	-	75,5
5	F	mg/L	10	88,32

Berdasarkan hasil dari lima kali sampling kualitas air limbah outlet *Effluent Treatment* IIIB bersifat fluktuatif. Untuk parameter pH terendah terdapat pada hasil sampling keempat yaitu 5,8 dan masih belum memenuhi kriteria air untuk *scrubbing*. Untuk parameter TSS, kekeruhan, COD, dan F tertinggi terdapat pada hasil *sampling* pertama yaitu sebesar 376 mg/L, 183 NTU, 60 mg/L, dan 94,40 mg/L. *Treated water* yang telah diolah oleh *Effluent Treatment* masih belum layak digunakan kembali untuk proses *scrubbing* dan perlu pengolahan lebih lanjut agar dapat memenuhi air untuk proses *scrubbing*.

## 4.2 Penentuan Jenis dan Dosis Optimum Koagulan

Penentuan jenis dan dosis optimum koagulan digunakan untuk mengetahui koagulan yang sesuai serta *range* dosis penambahan koagulan serta *range* biaya kebutuhan koagulan dalam pengolahan *Treated Water*. Setelah diketahui hasil dari setiap parameter lalu dihitung efisiensi *removal* dengan rumus berikut:

$$E = \frac{S_0 - S_i}{S_0} \times 100 \%$$

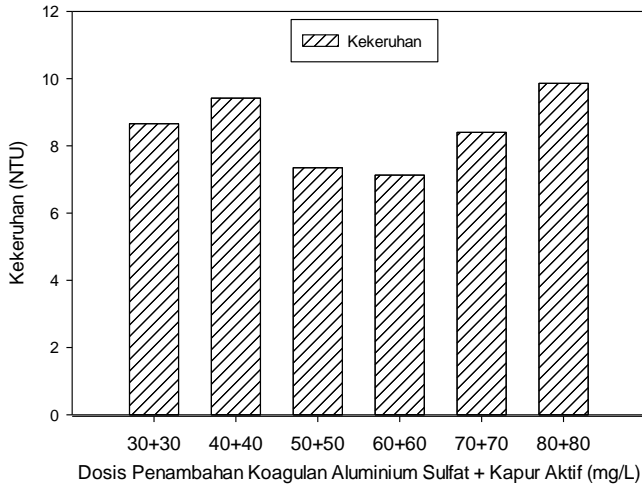
Dimana:

- E = Efisiensi penyisihan parameter air limbah (%)
- S<sub>0</sub> = Konsentrasi awal (mg/L)
- S<sub>i</sub> = Konsentrasi akhir (mg/L)

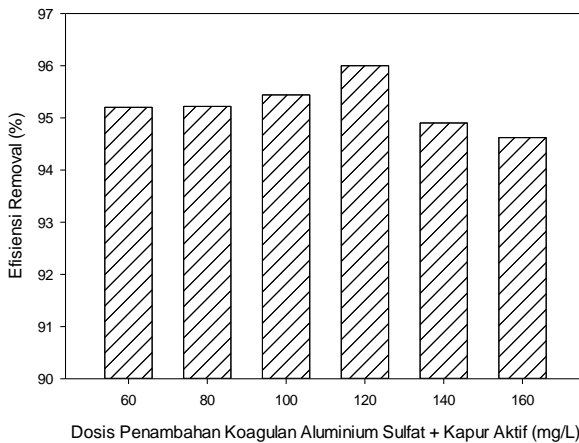
#### 4.2.1 Percobaan *Jar Test* Sampel Konsentrasi Tertinggi dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif

Pada percobaan *jar test* pertama, diambil hasil kualitas sampel tertinggi yaitu pada hasil *sampling* pertama dengan karakteristik awal pH sebesar 7,7. Dalam sampel kali ini tidak perlu ditambahkan  $\text{CaCO}_3$  karena sudah memenuhi *range* pH optimum untuk penggunaan koagulan (5,5 – 8) (Schulz *et al.*, 1984). Pengadukan cepat dilakukan dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit, kemudian dilanjutkan dengan pengadukan dengan kecepatan 100 rpm selama 2 menit dan sedimentasi selama 60 menit. Penentuan dosis optimum koagulan untuk mengolah *treated water* dilakukan dengan 2 tahap.

Tahap pertama untuk mengetahui rentang dengan membubuhkan koagulan utama dan koagulan pendukung pada rentang konsentrasi 60 mg/L hingga 160 mg/L. Pembubuhan koagulan utama dilakukan pada saat melakukan pengadukan dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit, sedangkan pembubuhan koagulan aid dilakukan pada saat pengadukan dengan kecepatan 100 rpm selama 2 menit. Untuk dosis penambahan koagulan digunakan rasio 1:1 untuk koagulan utama dan koagulan aid. Hasil percobaan *jar test* dengan menggunakan koagulan aluminium sulfat dan koagulan aid kapur aktif serta efisiensi penurunannya setiap parameter dapat dilihat pada Gambar 4.1 – Gambar 4.9.



**Gambar 4.1 Kekeruhan pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif**



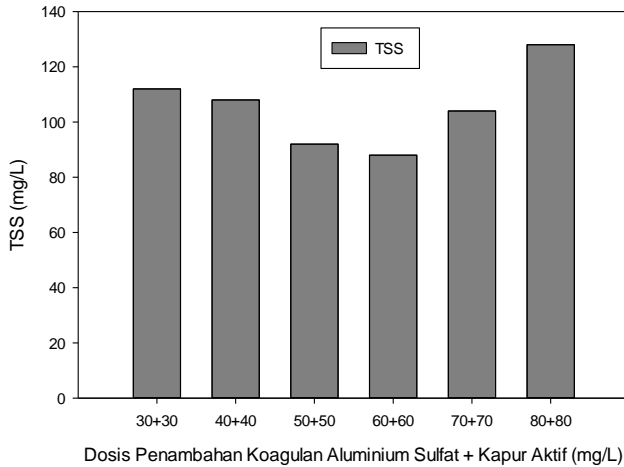
**Gambar 4.2 Efisiensi Removal Kekeruhan pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif**

Karakteristik awal *Treated Water* memiliki nilai kekeruhan sebesar 183 NTU dan berdasarkan Gambar 4.1 dan Gambar 4.2, hasil uji coba parameter kekeruhan penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 8,66 NTU, 8,42 NTU, 7,35 NTU, 7,13 NTU, 8,4 NTU, dan 9,86 NTU.

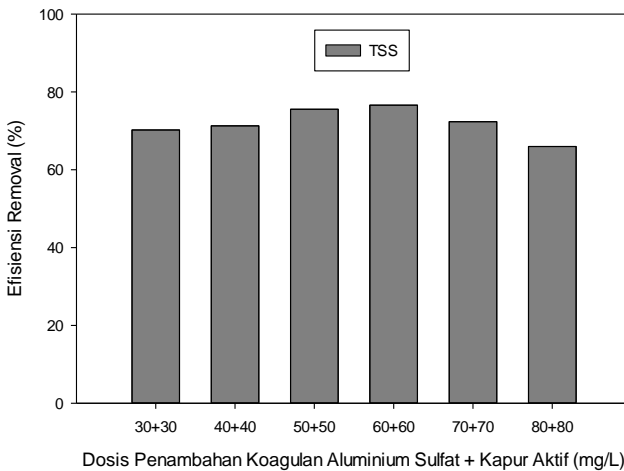
Parameter kekeruhan tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 160 mg/L dengan nilai 9,86 NTU. Parameter kekeruhan terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 120 mg/L dengan nilai 7,13 NTU karena pada dosis koagulan yang lebih besar atau lebih kecil mengalami kenaikan kekeruhan lagi.

Efisiensi *removal* tertinggi untuk parameter kekeruhan pada percobaan ini adalah 96,10% yang terdapat pada dosis penambahan koagulan utama dan koagulan pendukung sebanyak 120 mg/L. Namun pada saat penambahan dosis koagulan terjadi peningkatan kekeruhan kembali. Hal ini kemungkinan diakibatkan karena muatan permukaan seluruh partikel koloid yang ada berubah dari negatif ke positif sehingga flock yang akan direduksi sudah habis dan koagulan bertindak sebagai pengotor yang menyebabkan tingkat kekeruhan meningkat.





**Gambar 4.3 TSS pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif**

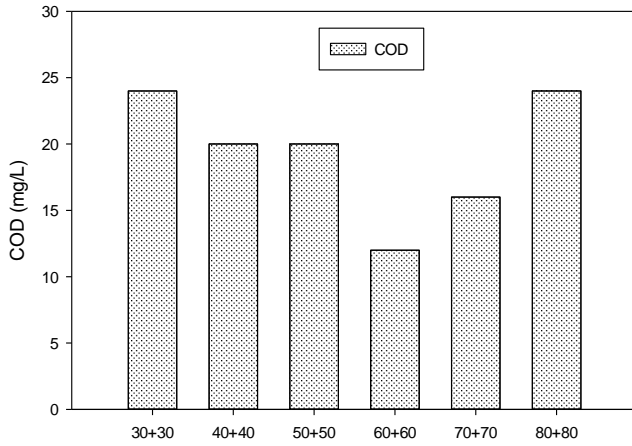


**Gambar 4.4 Efisiensi Removal TSS pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif**

Sedangkan pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4, untuk hasil uji coba parameter TSS penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 112 mg/L, 108 mg/L, 92 mg/L, 88 mg/L, 104 mg/L, 128 mg/L. Parameter TSS tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 160 mg/L dengan nilai 128 mg/L.

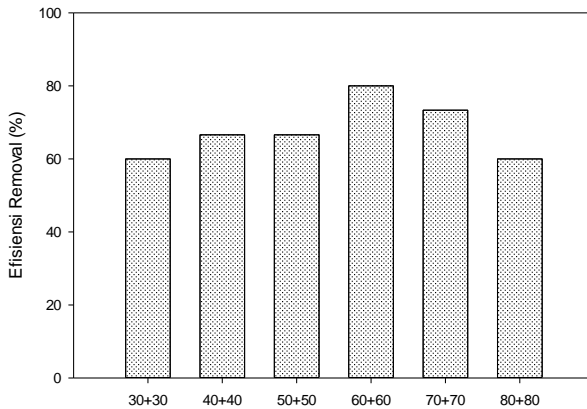
Parameter TSS terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 120 mg/L dengan nilai 88 mg/L karena pada dosis koagulan yang lebih besar atau lebih kecil mengalami kenaikan nilai TSS dan hal tersebut disebabkan koagulan yang ditambahkan tidak lagi berfungsi mengikat koloid sehingga sisa koagulan tersebut menjadi endapan yang akan meningkatkan konsentrasi TSS.

Efisiensi *removal* tertinggi untuk parameter TSS pada percobaan ini adalah 76,60% yang terdapat pada dosis penambahan koagulan utama dan koagulan pendukung sebanyak 120 mg/L. Sehingga dosis optimum penambahan koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif untuk parameter TSS adalah 120 mg/L. Namun, untuk penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif dengan konsentrasi 100 mg/L, 120 mg/L, dan 140 mg/L sudah memenuhi kriteria air untuk *scrubbing* yaitu  $\leq 100$  mg/L.



Dosis Penambahan Aluminium Sulfat + Kapur Aktif (mg/L)

**Gambar 4.5 COD pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif**

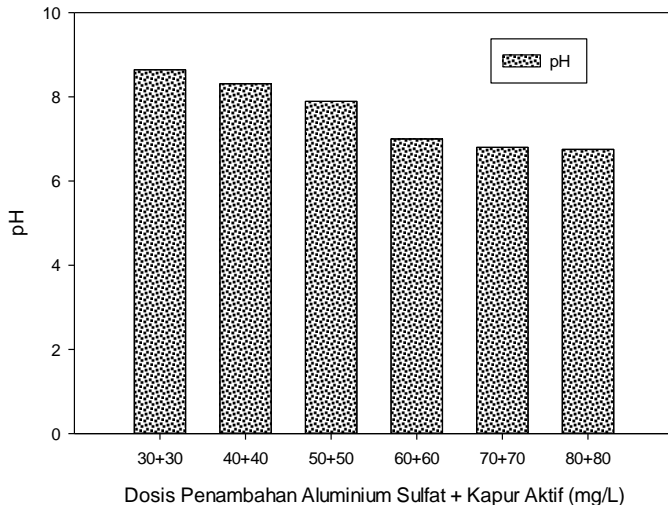


Dosis Penambahan Koagulan Aluminium Sulfat + Kapur Aktif (mg/L)

**Gambar 4.6 Efisiensi Removal COD pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif**

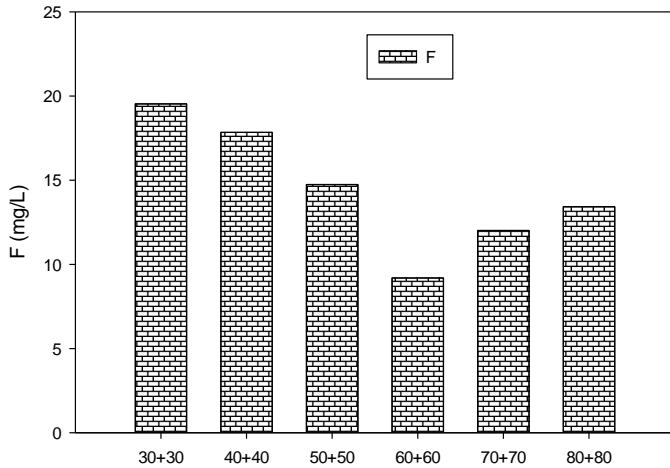
Karakteristik awal *Treated Water* memiliki nilai COD sebesar 60 mg/L. Berdasarkan Gambar 4.5 dan Gambar 4.6, hasil uji coba parameter COD penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 24 mg/L, 20 mg/L, 20 mg/L, 12 mg/L, 16 mg/L, dan 24 mg/L. Parameter COD tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 60 mg/L dan 160 mg/L dengan nilai 24 mg/L. Parameter COD terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 120 mg/L dengan nilai 16 mg/L.

Efisiensi *removal* tertinggi untuk parameter COD pada percobaan ini adalah 80% yang terdapat pada dosis penambahan koagulan utama dan koagulan pendukung sebanyak 120 mg/L. Sehingga dosis optimum penambahan koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif untuk parameter COD adalah 120 mg/L. Karena pada dosis koagulan 120 mg/L memiliki partikel koloid paling optimum yang dapat menggumpal lalu mengikat serta mampu mengendapkan zat-zat organik sehingga COD dapat terendapkan. Namun ketika penambahan dosis yang melebihi 120 mg/L partikel koloid tidak mampu lagi untuk mengikat zat-zat organik karena jumlah yang terlalu banyak sehingga COD tidak dapat terendapkan secara optimum. Namun, untuk semua variasi penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif yang telah dilakukan dengan konsentrasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L sudah memenuhi kriteria air untuk *scrubbing* yaitu  $\leq 30$  mg/L.



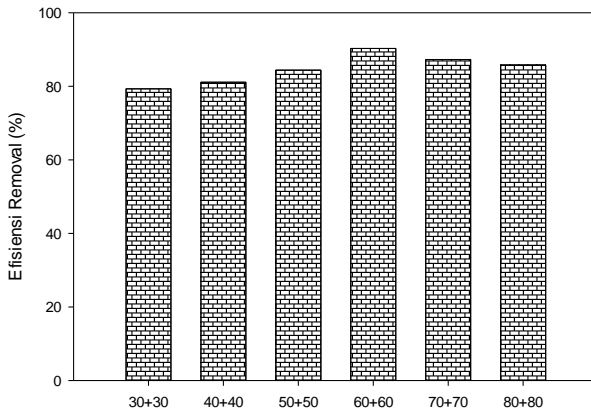
**Gambar 4.7 pH pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif**

Karakteristik awal *Treated Water* memiliki nilai pH sebesar 7,7. Berdasarkan Gambar 4.7, hasil uji coba parameter pH penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 8,64, 8,31, 7,89, 7, 6,8, dan 6,75. Parameter pH tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 60 mg/L dengan nilai 8,64. Parameter pH terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 160 mg/L dengan nilai yaitu 6,75. Namun, untuk semua variasi penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif yang telah dilakukan dengan konsentrasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L sudah memenuhi kriteria air untuk *scrubbing* yaitu berada pada *range* pH 6 – 9.



Dosis Penambahan Koagulan Aluminium Sulfat + Kapur Aktif (mg/L)

**Gambar 4.8 F pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif**



Dosis Penambahan Koagulan Aluminium Sulfat + Kapur Aktif (mg/L)

**Gambar 4.9 Efisiensi Removal F pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif**

Karakteristik awal *Treated Water* memiliki nilai F sebesar 94,40 mg/L. Berdasarkan Gambar 4.8 dan Gambar 4.9, hasil uji coba parameter F penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 19,53 mg/L, 17,84 mg/L, 14,74 mg/L, 9,19 mg/L, 12,01 mg/L, dan 13,42 mg/L. Parameter F tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 60 mg/L dengan nilai 19,53 mg/L. Parameter F terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 120 mg/L dengan nilai 9,19 mg/L.

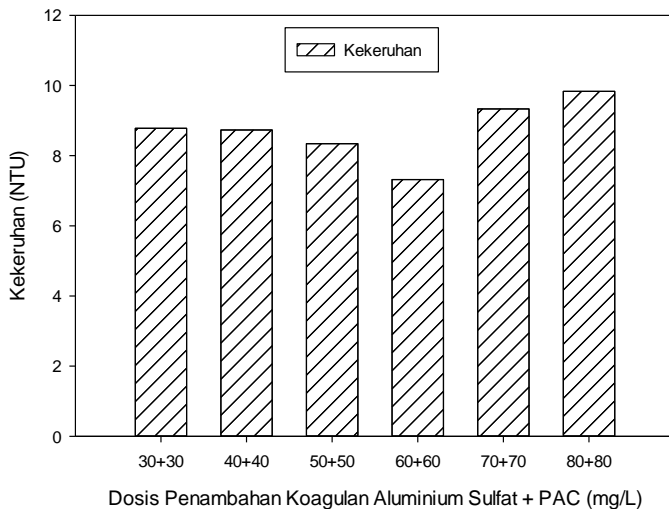
Efisiensi *removal* tertinggi untuk parameter F pada percobaan ini adalah 90,26% yang terdapat pada dosis penambahan koagulan utama dan koagulan pendukung sebanyak 120 mg/L. Sehingga dosis optimum penambahan koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif untuk parameter F adalah 120 mg/L. Menurut Bratby (2016), fluorida biasanya dihilangkan oleh koagulan aluminium melalui presipitasi dengan logam-hidroksida. Tingkat penghapusan fluorida dipengaruhi oleh konsentrasi koagulan dan pH. Pada dosis koagulan 120 mg/L memiliki kapasitas optimum untuk menyerap fluorida. Namun ketika penambahan dosis yang melebihi 120 mg/L sudah tidak memiliki kapasitas lebih lanjut untuk menyerap F secara optimum. Namun, untuk parameter F hanya pada saat penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif dengan konsentrasi 120 mg/L yang sudah memenuhi kriteria air untuk *scrubbing* yaitu  $\leq 10$  mg/L.

#### **4.2.2 Percobaan *Jar Test* Sampel Konsentrasi Tertinggi dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**

Pada percobaan *jar test* yang kedua digunakan sampel yang sama dan perlakuan yang sama dengan percobaan *jar test* sebelumnya. Penentuan dosis optimum koagulan untuk mengolah *treated water* dilakukan dengan 2 tahap.

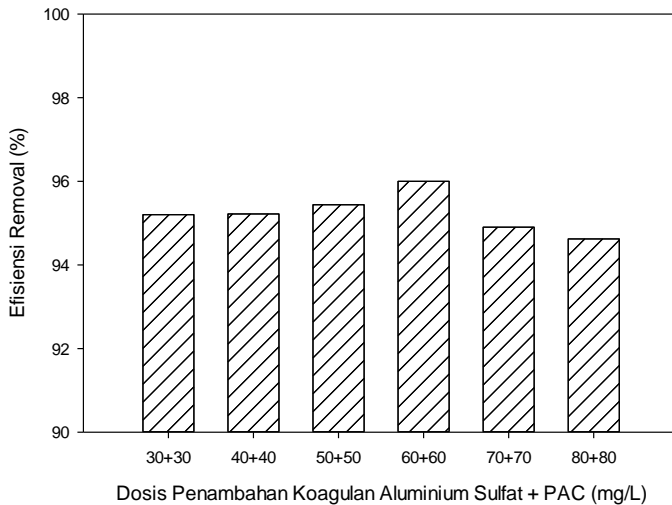
Tahap pertama untuk mengetahui rentang dengan membubuhkan koagulan utama dan koagulan aid pada

rentang konsentrasi 60 mg/L hingga 160 mg/L. Pembubuhan koagulan utama dilakukan pada saat melakukan pengadukan dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit, sedangkan pembubuhan koagulan aid dilakukan pada saat pengadukan dengan kecepatan 100 rpm selama 2 menit. Untuk dosis penambahan koagulan digunakan rasio 1:1 untuk koagulan utama dan koagulan aid kemudian dilanjutkan dengan proses sedimentasi selama 60 menit. Berikut ini adalah hasil percobaan *jar test* menggunakan koagulan aluminium sulfat dan koagulan aid *Poly Aluminium Chloride* (PAC). Hasil Percobaan *Jar Test* dan efisiensi *removal* setiap parameter pada Sampel yang pertama menggunakan Koagulan Aluminium sulfat dan PAC dapat dilihat pada Gambar 4.10 – Gambar 4.18.



**Gambar 4.10 Kekeruhan pada *Jar Test* Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**



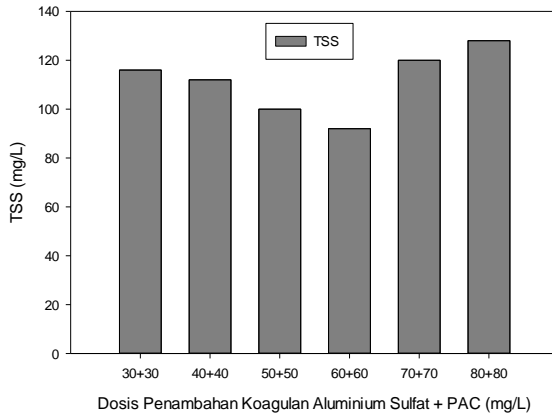


**Gambar 4.11 Efisiensi Removal Kekeruhan pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**

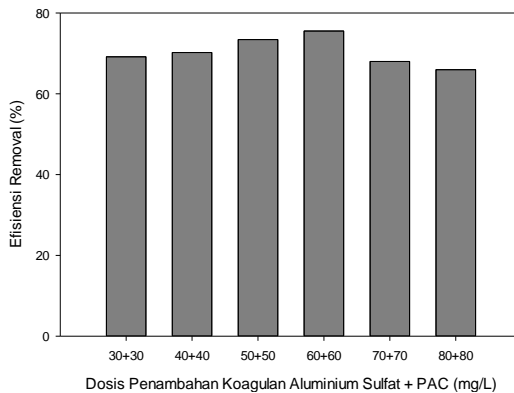
Karakteristik awal *Treated Water* memiliki nilai kekeruhan sebesar 183 NTU. Hasil uji coba parameter kekeruhan penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 8,78 NTU, 8,73 NTU, 8,34 NTU, 7,32 NTU, 9,33 NTU, dan 9,83 NTU. Parameter kekeruhan tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 160 mg/L dengan nilai 9,83 NTU. Parameter kekeruhan terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 120 mg/L dengan nilai 7,32 NTU.

Efisiensi *removal* tertinggi untuk parameter kekeruhan pada percobaan ini adalah 96% yang terdapat pada dosis penambahan koagulan utama dan koagulan pendukung sebanyak 120 mg/L. Namun pada saat penambahan dosis koagulan terjadi peningkatan kekeruhan kembali. Hal ini

kemungkinan diakibatkan karena muatan permukaan seluruh partikel koloid yang ada berubah dari negatif ke positif sehingga flok yang akan direduksi sudah habis dan koagulan bertindak sebagai pengotor yang menyebabkan tingkat kekeruhan meningkat.



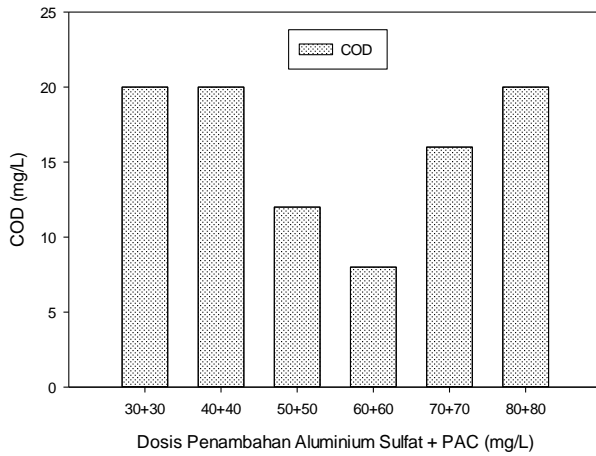
**Gambar 4.12 TSS pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**



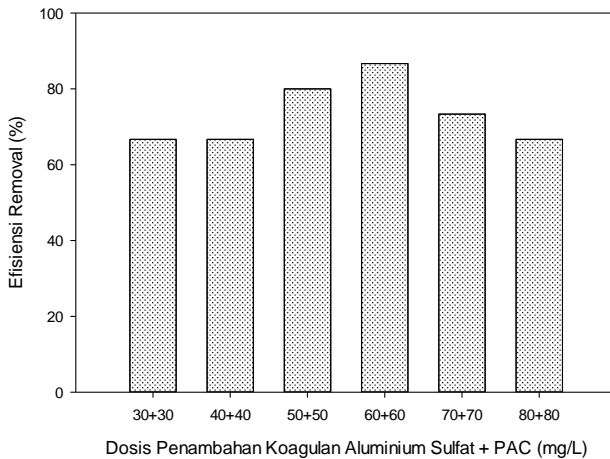
**Gambar 4.13 Efisiensi Removal TSS pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**

Karakteristik awal *Treated Water* untuk parameter TSS adalah 376 mg/L. Berdasarkan Gambar 4.12 dan Gambar 4.13, hasil uji coba parameter TSS penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 116 mg/L, 112 mg/L, 100 mg/L, 92 mg/L, 120 mg/L, 128 mg/L. Parameter TSS tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 160 mg/L dengan nilai 128 mg/L. Parameter TSS terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 120 mg/L dengan nilai 92 mg/L karena pada dosis koagulan yang lebih besar atau lebih kecil mengalami kenaikan nilai TSS dan hal tersebut disebabkan koagulan yang ditambahkan tidak lagi berfungsi mengikat koloid sehingga sisa koagulan tersebut menjadi endapan yang akan meningkatkan konsentrasi TSS.

Efisiensi *removal* tertinggi untuk parameter TSS pada percobaan ini adalah 75,53% yang terdapat pada dosis penambahan koagulan utama dan koagulan pendukung sebanyak 120 mg/L. Sehingga dosis optimum penambahan koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif untuk parameter TSS adalah 120 mg/L. Namun, untuk penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC dengan konsentrasi 100 mg/L dan 120 mg/L sudah memenuhi kriteria air untuk *scrubbing* yaitu  $\leq 100$  mg/L.



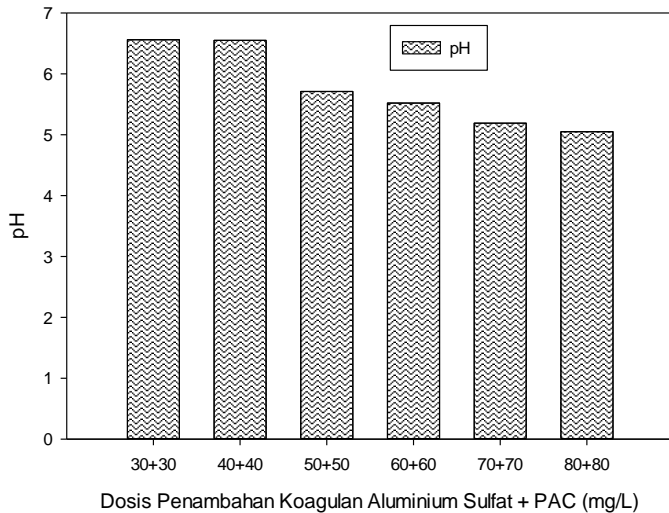
**Gambar 4.14 COD pada *Jar Test* Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**



**Gambar 4.15 Efisiensi Removal COD pada *Jar Test* Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**

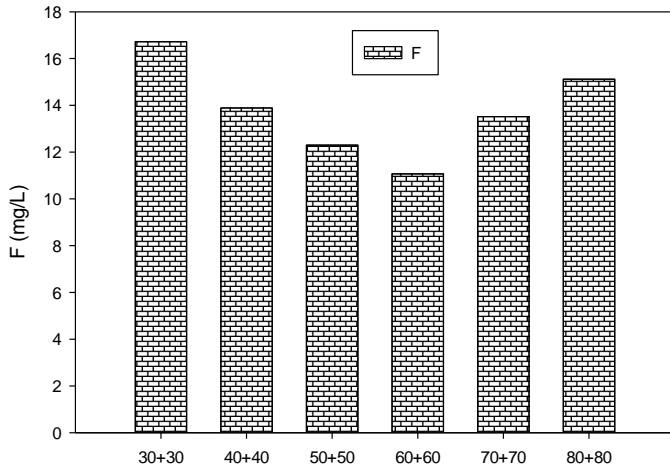
Karakteristik awal *Treated Water* memiliki nilai COD sebesar 60 mg/L. Berdasarkan Gambar 4.14 dan Gambar 4.15, hasil uji coba parameter COD penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 20 mg/L, 20 mg/L, 12 mg/L, 8 mg/L, 16 mg/L, dan 20 mg/L. Parameter COD tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 60 mg/L, 80 mg/L, dan 160 mg/L dengan nilai 20 mg/L. Parameter COD terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 120 mg/L dengan nilai 8 mg/L.

Efisiensi removal tertinggi untuk parameter COD pada percobaan ini adalah 86,67% yang terdapat pada dosis penambahan koagulan utama dan koagulan pendukung sebanyak 120 mg/L. Sehingga dosis optimum penambahan koagulan aluminium sulfat dan PAC untuk parameter COD adalah 120 mg/L. Karena pada dosis koagulan 120 mg/L memiliki partikel koloid paling optimum yang dapat menggumpal lalu mengikat serta mampu mengendapkan zat-zat organik sehingga COD dapat terendapkan. Namun ketika penambahan dosis yang melebihi 120 mg/L partikel koloid tidak mampu lagi untuk mengikat zat-zat organik karena jumlah yang terlalu banyak sehingga COD tidak dapat terendapkan secara optimum. Namun, untuk semua variasi penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sudah memenuhi kriteria air untuk *scrubbing* yaitu  $\leq 30$  mg/L.



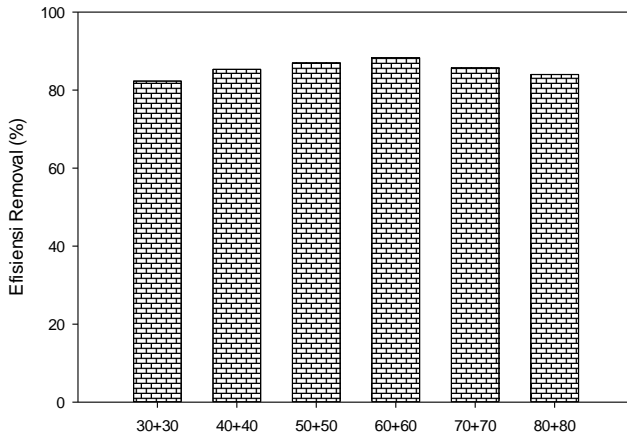
**Gambar 4.16 pH pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**

Berdasarkan Gambar 4.3, karakteristik awal *Treated Water* memiliki nilai pH sebesar 7,7. Hasil uji coba parameter pH penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 6,56, 6,55, 5,71, 5,52, 5,19, dan 5,05. Parameter pH tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 60 mg/L dengan nilai 6,56. Parameter pH terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 160 mg/L dengan nilai yaitu 5,05. Penggunaan aluminium sulfat dan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) pada penambahan dosis koagulan sebanyak 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L tidak memenuhi kriteria air untuk *scrubbing* karena pH tidak berada dalam rentang 6 – 9.



Dosis Penambahan Koagulan Aluminium Sulfat + PAC (mg/L)

**Gambar 4.17 F pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**



Dosis Penambahan Koagulan Aluminium Sulfat + PAC (mg/L)

**Gambar 4.18 Efisiensi Removal F pada Jar Test Sampel Pertama dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**

Karakteristik awal *Treated Water* memiliki nilai F sebesar 94,40 mg/L. Berdasarkan Gambar 4.17 dan Gambar 4.18, hasil uji coba parameter F penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 16,72 mg/L, 13,89 mg/L, 12,30 mg/L, 11,07 mg/L, 13,52 mg/L, dan 15,12 mg/L. Parameter F tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 60 mg/L dengan nilai 16,72 mg/L. Parameter F terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 120 mg/L dengan nilai 11,07 mg/L.

Pada percobaan ini, agen defluoridasi terpenting yang mampu menurunkan parameter F adalah aluminium sulfat. Menurut Benefield *et al.*, (1982), aluminium sulfat merupakan salah satu bahan kimia pertama yang digunakan dalam menghilangkan fluorida dari air. Aluminium sulfat bersifat sebagai agen defluoridasi. Ketika ditambahkan ke air, aluminium sulfat bereaksi dengan alkalinitas dalam air untuk menghasilkan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang tidak larut. Menurut Rabosky dan Miller (1974) menyarankan bahwa ion fluorida dapat dihilangkan dari larutan dengan cara adsorpsi ke partikel  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .  $\text{Al}(\text{OH})_3$  dan fluorida yang teradsorpsi kemudian dapat dipisahkan dari air melalui sedimentasi.

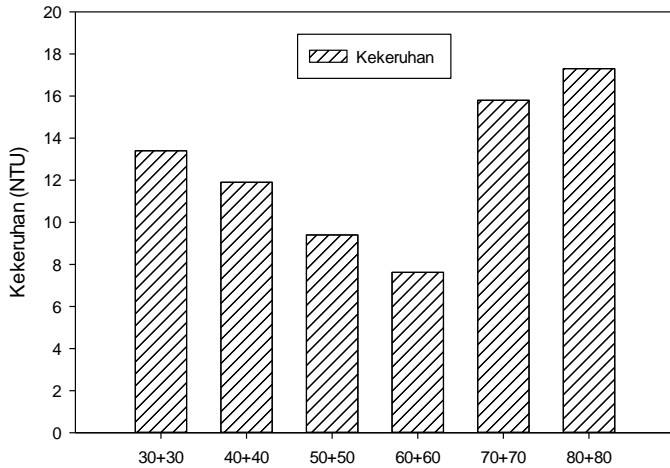
Efisiensi removal tertinggi untuk parameter F pada percobaan ini adalah 88,27% yang terdapat pada dosis penambahan koagulan utama dan koagulan pendukung sebanyak 120 mg/L. Sehingga dosis optimum penambahan koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif untuk parameter F adalah 120 mg/L. Pada dosis koagulan 120 mg/L memiliki kapasitas optimum untuk menyerap fluorida. Namun ketika penambahan dosis yang melebihi 120 mg/L sudah tidak memiliki kapasitas lebih lanjut untuk menyerap F secara optimum. Namun, untuk penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC dengan semua variasi konsentrasi belum memenuhi kriteria air untuk *scrubbing* yaitu  $\leq 10$  mg/L.



#### 4.2.3 Percobaan *Jar Test* Sampel Konsentrasi Terendah dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif

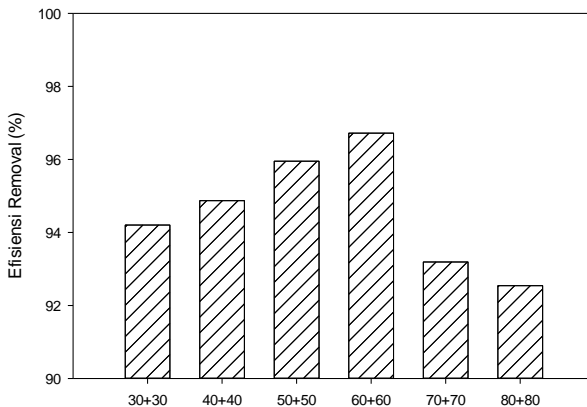
Dalam percobaan *jar test* yang kedua digunakan sampel dengan hasil terendah yaitu sampel pada hasil *sampling* yang keempat dengan karakteristik awal pH sebesar 5,8 dan perlu dinaikkan pH sampel menjadi 8 agar dapat memenuhi *range* pH optimum untuk penggunaan koagulan (5 – 8) dengan menambahkan  $\text{CaCO}_3$ , dalam sampel kali ini perlu ditambahkan  $\text{CaCO}_3$  sebanyak 33,3 mg/L agar pH dapat naik menjadi 8. Adapun karakteristik *Treated Water* setelah diberi  $\text{CaCO}_3$  untuk parameter kekeruhan, TSS, COD, pH, dan F berturut-turut adalah 212 NTU, 172 mg/L, 51 mg/L, 8, dan 38,92 mg/L. Pengadukan cepat dilakukan dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit, kemudian dilanjutkan dengan pengadukan dengan kecepatan 100 rpm selama 2 menit dan sedimentasi selama 60 menit. Penentuan dosis optimum koagulan untuk mengolah *treated water* dilakukan dengan 2 tahap.

Tahap pertama untuk mengetahui rentang dengan membubuhkan koagulan utama dan koagulan aid pada rentang konsentrasi 60 mg/L hingga 160 mg/L. Pembubuhan koagulan utama dilakukan pada saat melakukan pengadukan dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit, sedangkan pembubuhan koagulan aid dilakukan pada saat pengadukan dengan kecepatan 100 rpm selama 2 menit. Untuk dosis penambahan koagulan digunakan rasio 1:1 untuk koagulan utama dan koagulan aid kemudian dilanjutkan dengan proses sedimentasi selama 60 menit. Setelah itu melakukan sedimentasi selama 1 jam, kemudian diukur semua parameter dari masing-masing variasi dosis penambahan koagulan. Hasil percobaan *jar test* dengan menggunakan koagulan aluminium sulfat dan koagulan aid kapur aktif untuk sampel kedua dapat dilihat pada Gambar 4.19 – Gambar 4.27.



Dosis Penambahan Koagulan Aluminium Sulfat + Kapur Aktif (mg/L)

**Gambar 4.19 Kekeruhan pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif**

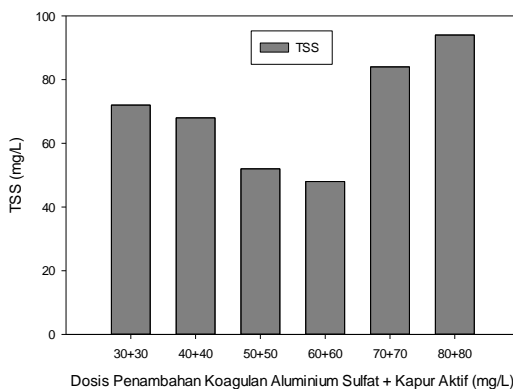


Dosis Penambahan Koagulan Aluminium Sulfat +Kapur Aktif (mg/L)

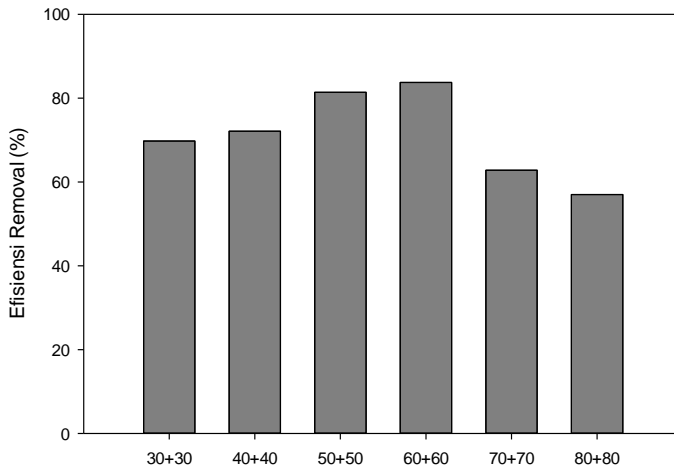
**Gambar 4.20 Efisiensi Removal Kekeruhan pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif**

Karakteristik awal *Treated Water* setelah ditambahkan  $\text{CaCO}_3$  memiliki nilai kekeruhan sebesar 212 NTU. Berdasarkan Gambar 4.19 dan Gambar 4.20, hasil uji coba parameter kekeruhan penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 13,4 NTU, 11,9 NTU, 9,4 NTU, 7,62 NTU, 15,8 NTU, dan 17,3 NTU. Parameter kekeruhan tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 160 mg/L dengan nilai 17,3 NTU. Parameter kekeruhan terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 120 mg/L dengan nilai 7,62 NTU.

Efisiensi removal tertinggi untuk parameter kekeruhan pada percobaan ini adalah 96,72% yang terdapat pada dosis penambahan koagulan utama dan koagulan pendukung sebanyak 120 mg/L. Namun pada saat penambahan dosis koagulan terjadi peningkatan kekeruhan kembali. Hal ini kemungkinan diakibatkan karena muatan permukaan seluruh partikel koloid yang ada berubah dari negatif ke positif sehingga flok yang akan direduksi sudah habis dan koagulan bertindak sebagai pengotor yang menyebabkan tingkat kekeruhan meningkat.



**Gambar 4.21 TSS pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif**



Dosis Penambahan Koagulan Aluminium Sulfat + Kapur Aktif (mg/L)

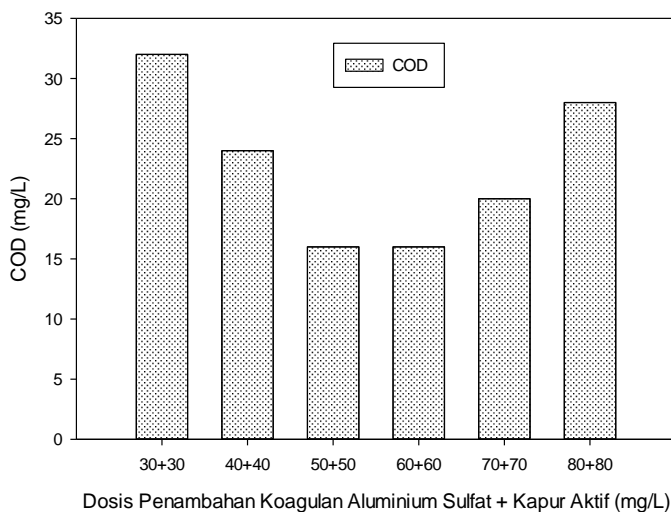
**Gambar 4.22 Efisiensi Removal TSS pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif**

Karakteristik awal *Treated Water* setelah ditambahkan  $\text{CaCO}_3$  memiliki nilai kekeruhan sebesar 172 mg/L. Berdasarkan Gambar 4.21 dan Gambar 4.22, hasil uji coba parameter TSS penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 72 mg/L, 68 mg/L, 52 mg/L, 48 mg/L, 84 mg/L, 94 mg/L. Parameter TSS tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 160 mg/L dengan nilai 94 mg/L. Parameter kekeruhan terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 120 mg/L dengan nilai 48 mg/L.

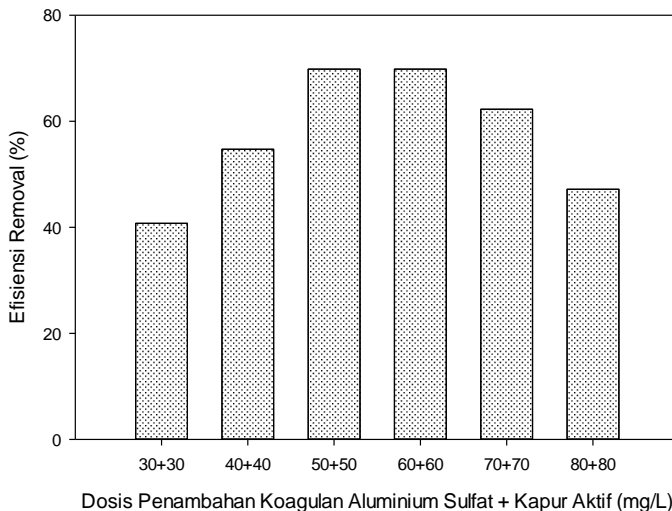
Parameter TSS terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 120 mg/L dengan nilai 88 mg/L karena pada dosis koagulan yang lebih besar atau lebih kecil mengalami kenaikan nilai TSS dan hal tersebut disebabkan koagulan yang ditambahkan tidak lagi

berfungsi mengikat koloid sehingga sisa koagulan tersebut menjadi endapan yang akan meningkatkan konsentrasi TSS.

Efisiensi removal tertinggi untuk parameter TSS pada percobaan ini adalah 83,72% yang terdapat pada dosis penambahan koagulan utama dan koagulan pendukung sebanyak 120 mg/L. Sehingga dosis optimum penambahan koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif untuk parameter TSS adalah 120 mg/L. Namun, untuk penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif dengan semua variasi konsentrasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L sudah memenuhi kriteria air untuk *scrubbing* yaitu  $\leq 100$  mg/L.



**Gambar 4.23** COD pada *Jar Test* Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif



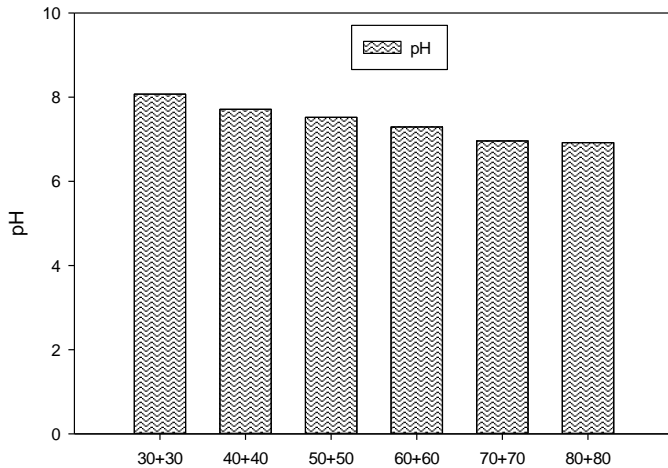
Dosis Penambahan Koagulan Aluminium Sulfat + Kapur Aktif (mg/L)  
**Gambar 4.24 Efisiensi Removal COD pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif**

Karakteristik awal *Treated Water* setelah ditambahkan CaCO<sub>3</sub> memiliki nilai COD sebesar 51 mg/L. Berdasarkan Gambar 4.21 dan Gambar 4.22, Hasil uji coba parameter COD penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 32 mg/L, 24 mg/L, 16 mg/L, 16 mg/L, 20 mg/L, dan 28 mg/L. Parameter COD tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 60 mg/L dengan nilai 32 mg/L. Parameter COD terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 100 mg/L dan 120 mg/L dengan nilai yang sama yaitu 16 mg/L.

Efisiensi removal tertinggi untuk parameter COD pada percobaan ini adalah 69,81% yang terdapat pada dosis penambahan koagulan utama dan koagulan pendukung sebanyak 100 mg/L dan 120 mg/L. Sehingga dosis optimum penambahan koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif untuk

parameter COD adalah 100 mg/L dan 120 mg/L. Karena pada dosis koagulan 100 mg/L dan 120 mg/L memiliki partikel koloid paling optimum yang dapat menggumpal lalu mengikat serta mampu mengendapkan zat-zat organik sehingga COD dapat terendapkan. Namun, ketika penambahan dosis yang melebihi 120 mg/L partikel koloid tidak mampu lagi untuk mengikat zat-zat organik karena jumlah yang terlalu banyak sehingga COD tidak dapat terendapkan secara optimum.

Akan tetapi penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif dengan semua variasi konsentrasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L sudah memenuhi kriteria air untuk *scrubbing* yaitu  $\leq 30$  mg/L.

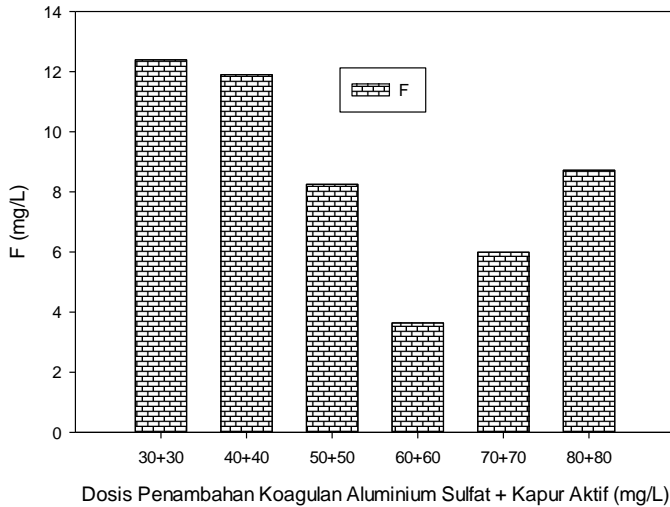


Dosis Penambahan Koagulan Aluminium Sulfat + Kapur Aktif (mg/L)

**Gambar 4.25 pH pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif**

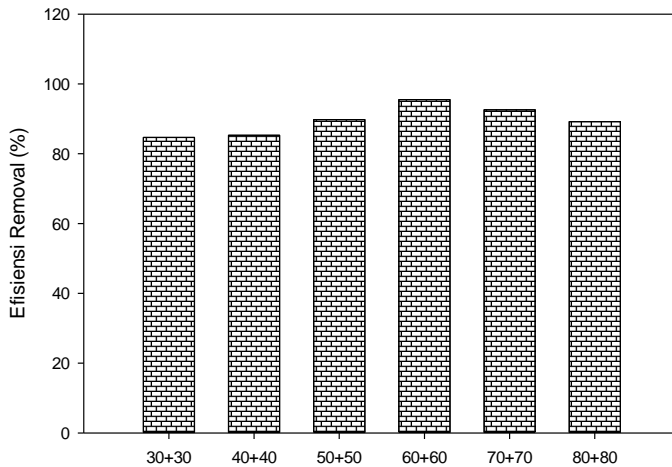
Karakteristik awal *Treated Water* memiliki nilai pH sebesar 5,8 dan setelah ditambahkan  $\text{CaCO}_3$  pH *Treated Water* menjadi 8. Berdasarkan Gambar 4.24 dan Gambar 4.25, hasil uji coba parameter pH penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-

turut adalah 8,37, 7,71, 7,52,7,29, 6,96, dan 6,92. Parameter pH tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 60 mg/L dengan nilai 8,37. Parameter pH terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 160 mg/L dengan nilai yaitu 6,92. Namun, untuk semua variasi penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif yang telah dilakukan dengan konsentrasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L sudah memenuhi kriteria air untuk *scrubbing* yaitu berada pada *range* pH 6 – 9.



**Gambar 4.26 F pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif**





Dosis Penambahan Koagulan Aluminium Sulfat + Kapur Aktif (mg/L)

**Gambar 4.27 Efisiensi Removal F pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Kapur Aktif**

Karakteristik awal *Treated Water* setelah penambahan  $\text{CaCO}_3$  untuk parameter F adalah sebesar 38,92 mg/L. Berdasarkan Gambar 4.26 dan Gambar 4.27, hasil uji coba parameter F penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 12,39 mg/L, 11,9 mg/L, 8,25 mg/L, 3,64 mg/L, 5,99 mg/L, dan 8,72 mg/L. Parameter F tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 60 mg/L dengan nilai 12,39 mg/L. Parameter F terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 120 mg/L dengan nilai 3,64 mg/L.

Efisiensi removal tertinggi untuk parameter F pada percobaan ini adalah 95,50% yang terdapat pada dosis penambahan koagulan utama dan koagulan pendukung sebanyak 120 mg/L. Sehingga dosis optimum penambahan koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif untuk parameter F

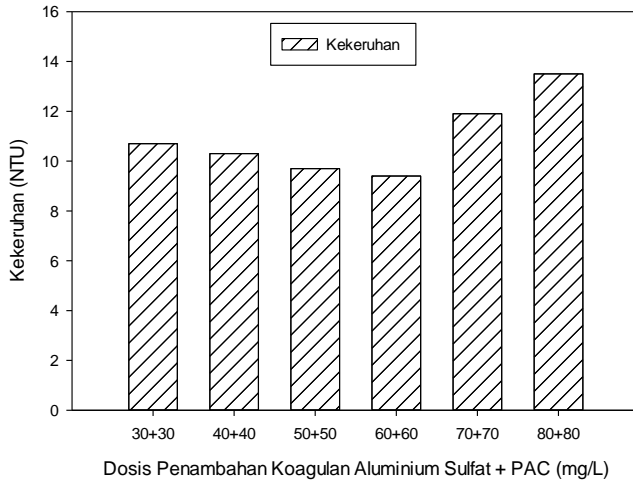
adalah 120 mg/L. Menurut Bratby (2016), fluorida biasanya dihilangkan oleh koagulan aluminium melalui presipitasi dengan logam-hidroksida. Tingkat penghapusan fluorida dipengaruhi oleh konsentrasi koagulan dan pH. Pada dosis koagulan 120 mg/L memiliki kapasitas optimum untuk menyerap fluorida. Namun ketika penambahan dosis yang melebihi 120 mg/L sudah tidak memiliki kapasitas lebih lanjut untuk menyerap F secara optimum. Sehingga dosis optimum penambahan koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif untuk parameter F adalah 120 mg/L.

Untuk parameter F, variasi dosis penambahan koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif 100 mg/L, 120 mg/L, dan 160 mg/L yang telah dilakukan sudah memenuhi kriteria air untuk scrubbing yaitu  $\leq 10$  mg/L.

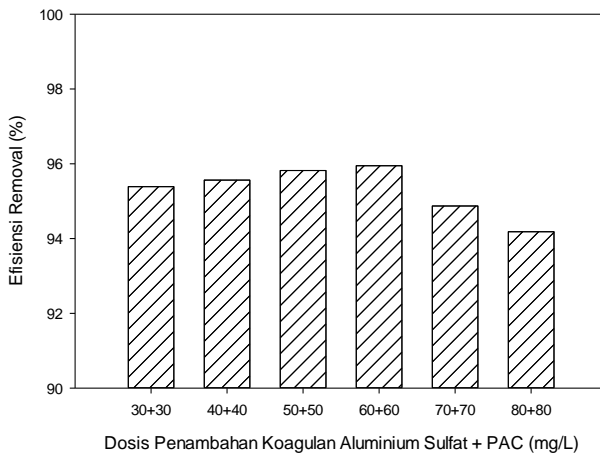
#### **4.2.4 Percobaan *Jar Test* Sampel Konsentrasi Terendah dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**

Pada percobaan *jar test* yang kedua digunakan sampel yang sama dan perlakuan yang sama dengan percobaan *jar test* sebelumnya. Penentuan dosis optimum koagulan untuk mengolah *treated water* dilakukan dengan 2 tahap.

Tahap pertama untuk mengetahui rentang dengan membubuhkan koagulan utama dan koagulan aid pada rentang konsentrasi 60 mg/L hingga 160 mg/L. Pembubuhan koagulan utama dilakukan pada saat melakukan pengadukan dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit, sedangkan pembubuhan koagulan aid dilakukan pada saat pengadukan dengan kecepatan 100 rpm selama 2 menit. Untuk dosis penambahan koagulan digunakan rasio 1:1 untuk koagulan utama dan koagulan aid kemudian melakukan proses pengendapan (sedimentasi) selama 60 menit. Berikut ini adalah hasil percobaan *jar test* menggunakan koagulan aluminium sulfat dan koagulan aid *Poly Aluminium Chloride* (PAC). Hasil Percobaan *Jar Test* pada Sampel yang pertama menggunakan Koagulan Aluminium sulfat dan PAC dapat dilihat pada Gambar 4.28 – Gambar 4.36.



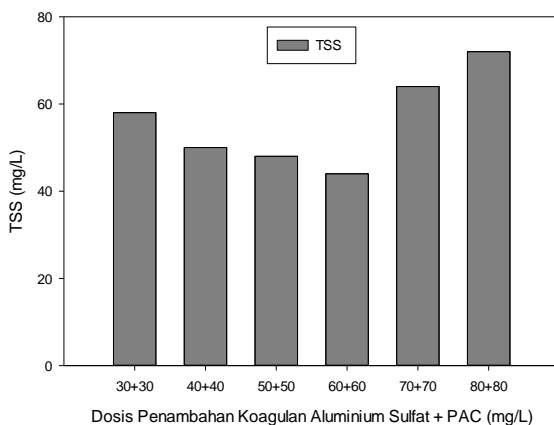
**Gambar 4.28 Kekeruhan pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**



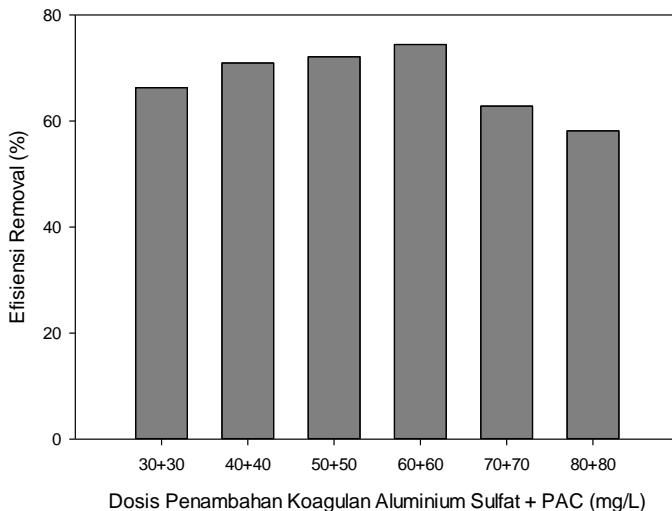
**Gambar 4.29 Efisiensi Removal Kekeruhan pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**

Karakteristik awal *Treated Water* setelah penambahan  $\text{CaCO}_3$  adalah memiliki hasil kekeruhan sebesar 212 NTU. Berdasarkan Gambar 4.28 dan Gambar 4.29, hasil uji coba parameter kekeruhan penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 10,7 NTU, 10,3 NTU, 9,7 NTU, 9,4 NTU, 11,9 NTU, dan 13,5 NTU. Parameter kekeruhan tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 160 mg/L dengan nilai 13,5 NTU. Parameter kekeruhan terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 120 mg/L dengan nilai 9,4 NTU.

Efisiensi removal tertinggi untuk parameter kekeruhan pada percobaan ini adalah 95,95% yang terdapat pada dosis penambahan koagulan utama dan koagulan pendukung sebanyak 120 mg/L. Namun pada saat penambahan dosis koagulan terjadi peningkatan kekeruhan kembali. Hal ini kemungkinan diakibatkan karena muatan permukaan seluruh partikel koloid yang ada berubah dari negatif ke positif sehingga flok yang akan direduksi sudah habis dan koagulan bertindak sebagai pengotor yang menyebabkan tingkat kekeruhan meningkat.



**Gambar 4.30 TSS pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**



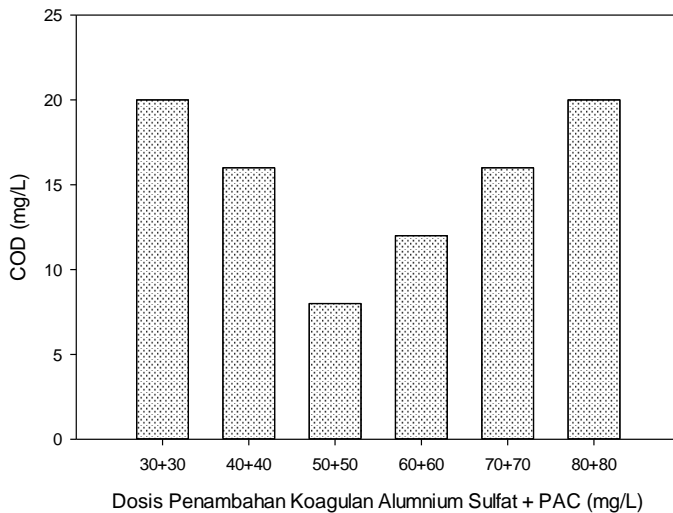
**Gambar 4.31 Efisiensi Removal TSS pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**

Karakteristik awal *Treated Water* setelah penambahan  $\text{CaCO}_3$  adalah memiliki hasil TSS sebesar 172 mg/L. Berdasarkan Gambar 4.30 dan Gambar 4.31, sedangkan untuk hasil uji coba parameter TSS penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 58 mg/L, 50 mg/L, 48 mg/L, 44 mg/L, 64 mg/L, 72 mg/L. Parameter TSS tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 160 mg/L dengan nilai 72 mg/L. Parameter kekeruhan terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 120 mg/L dengan nilai 44 mg/L.

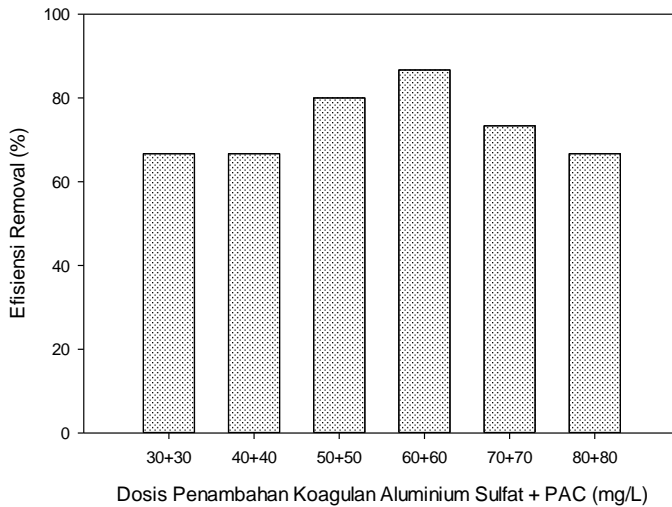
Parameter TSS terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif sebanyak 120 mg/L dengan nilai 88 mg/L karena pada dosis koagulan yang lebih besar atau lebih kecil mengalami kenaikan nilai TSS dan hal tersebut disebabkan koagulan yang ditambahkan tidak lagi

berfungsi mengikat koloid sehingga sisa koagulan tersebut menjadi endapan yang akan meningkatkan konsentrasi TSS.

Efisiensi removal tertinggi untuk parameter TSS pada percobaan ini adalah 72,09% yang terdapat pada dosis penambahan koagulan utama dan koagulan pendukung sebanyak 120 mg/L. Sehingga dosis optimum penambahan koagulan aluminium sulfat dan PAC untuk parameter TSS adalah 120 mg/L. Untuk parameter TSS, semua variasi dosis penambahan koagulan aluminium sulfat dan PAC dengan konsentrasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L yang telah dilakukan sudah memenuhi kriteria air untuk *scrubbing*.



**Gambar 4.32 COD pada *Jar Test* Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**



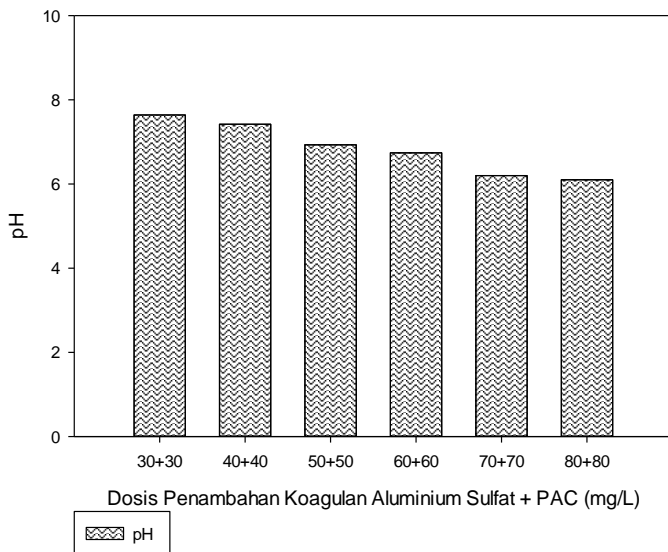
**Gambar 4.33 Efisiensi Removal COD pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**

Karakteristik awal *Treated Water* setelah penambahan  $\text{CaCO}_3$  adalah memiliki hasil COD sebesar 51 mg/L. Berdasarkan Gambar 4.32 dan Gambar 4.33, hasil uji coba parameter COD penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 20 mg/L, 16 mg/L, 8 mg/L, 12 mg/L, 16 mg/L, dan 20 mg/L. Parameter COD tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 60 mg/L dan 160 mg/L dengan nilai 20 mg/L. Parameter COD terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 120 mg/L dengan nilai 8 mg/L.

Efisiensi removal tertinggi untuk parameter COD pada percobaan ini adalah 85,19% yang terdapat pada dosis penambahan koagulan utama dan koagulan pendukung sebanyak 100 mg/L. Sehingga dosis optimum penambahan

koagulan aluminium sulfat dan PAC untuk parameter COD adalah 100 mg/L. Karena pada dosis koagulan 100 mg/L memiliki partikel koloid paling optimum yang dapat menggumpal lalu mengikat serta mampu mengendapkan zat-zat organik sehingga COD dapat terendapkan. Namun ketika penambahan dosis yang melebihi 100 mg/L partikel koloid tidak mampu lagi untuk mengikat zat-zat organik karena jumlah yang terlalu banyak sehingga COD tidak dapat terendapkan secara optimum.

Untuk parameter COD, semua variasi dosis penambahan koagulan aluminium sulfat dan PAC yang telah dilakukan sudah memenuhi kriteria air untuk scrubbing yaitu  $\leq 30$  mg/L.

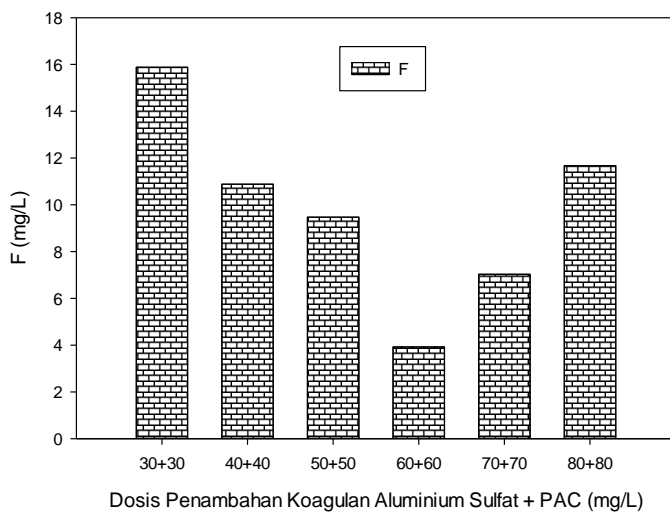


**Gambar 4. 34 pH pada *Jar Test* Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**

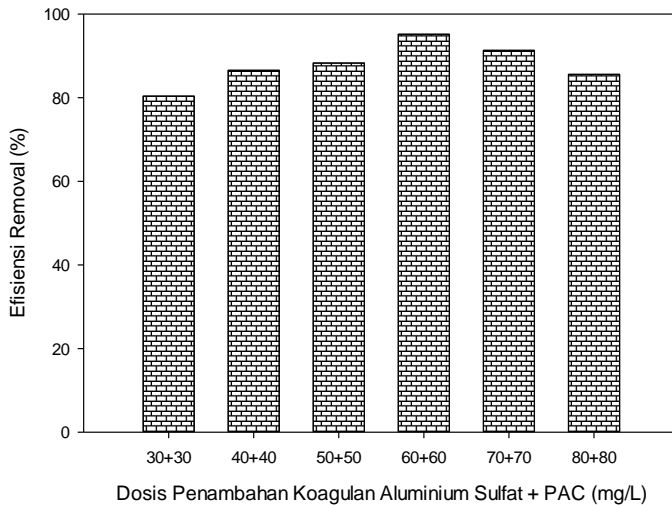
Karakteristik awal *Treated Water* memiliki nilai pH sebesar 5,8 dan setelah ditambahkan  $\text{CaCO}_3$  pH *Treated Water* menjadi 8. Berdasarkan Gambar 4.34, hasil uji coba



parameter pH penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 7,64, 7,42, 6,93, 6,74, 6,2, dan 6,1. Parameter pH tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 60 mg/L dengan nilai 7,64. Parameter pH terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 160 mg/L dengan nilai 6,1. Namun, untuk semua variasi penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC yang telah dilakukan dengan konsentrasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L sudah memenuhi kriteria air untuk *scrubbing* yaitu berada pada *range* pH 6 – 9.



**Gambar 4. 35 F pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**



**Gambar 4.36 Efisiensi Removal F pada Jar Test Sampel Kedua dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan PAC**

Berdasarkan Gambar 4.16, karakteristik awal *Treated Water* memiliki nilai F sebesar 38,92 mg/L. Hasil uji coba parameter F penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC dengan variasi 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L, 120 mg/L, 140 mg/L, dan 160 mg/L berturut-turut adalah 15,88 mg/L, 10,88 mg/L, 9,47 mg/L, 3,92 mg/L, 7,03 mg/L, dan 11,67 mg/L. Parameter F tertinggi terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 60 mg/L dengan nilai 15,88 mg/L. Parameter F terendah terdapat pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC sebanyak 120 mg/L dengan nilai 3,92 mg/L.

Pada percobaan ini, agen defluoridasi terpenting yang mampu menurunkan parameter F adalah aluminium sulfat. Menurut Benefield *et al.*, (1982), aluminium sulfat merupakan salah satu bahan kimia pertama yang digunakan dalam menghilangkan fluorida dari air. Aluminium sulfat bersifat sebagai agen defluoridasi. Ketika ditambahkan ke air,

aluminium sulfat bereaksi dengan alkalinitas dalam air untuk menghasilkan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang tidak larut. Menurut Rabosky dan Miller (1974) menyarankan bahwa ion fluorida dapat dihilangkan dari larutan dengan cara adsorpsi ke partikel  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .  $\text{Al}(\text{OH})_3$  dan fluorida yang teradsorpsi kemudian dapat dipisahkan dari air melalui sedimentasi.

Efisiensi removal tertinggi untuk parameter F pada percobaan ini adalah 88,27% yang terdapat pada dosis penambahan koagulan utama dan koagulan pendukung sebanyak 120 mg/L. Sehingga dosis optimum penambahan koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif untuk parameter F adalah 120 mg/L. Pada dosis koagulan 120 mg/L memiliki kapasitas optimum untuk menyerap fluorida. Namun ketika penambahan dosis yang melebihi 120 mg/L sudah tidak memiliki kapasitas lebih lanjut untuk menyerap F secara optimum. Namun, untuk penambahan dosis koagulan aluminium sulfat dan PAC dengan konsentrasi 100 mg/L, 120 mg/L, dan 140 mg/L sudah memenuhi kriteria air untuk *scrubbing* yaitu  $\leq 10$  mg/L.

Hasil penentuan dosis optimum koagulan utama dan koagulan aid beserta persentase penurunan parameter pada *Treated Water* dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.

**Tabel 4. 6 Hasil Penentuan Dosis Optimum Koagulan untuk Treated Water pada Sampel Pertama**

No	Koagulan	Dosis (mg/L)	Kekeruhan	TSS	COD	F
1	Aluminium Sulfat	60	96,10%	76,60%	80%	90,26%
	Kapur Aktif	60				
2	Aluminium Sulfat	60	96%	75,53%	86,67%	88,27%
	PAC	60				

**Tabel 4. 7 Hasil Penentuan Dosis Optimum Koagulan untuk *Treated Water* pada Sampel Kedua**

No	Koagulan	Dosis (mg/L)	Kekeruhan	TSS	COD	F
1	Aluminium Sulfat	60	96,72%	83,72%	69,81%	95,50%
	Kapur Aktif	60				
2	Aluminium Sulfat	60	95,95%	74,42%	85,19%	95,15%
	PAC	60				

Berdasarkan Tabel 4.8 dan Tabel 4.9, koagulan yang paling efektif untuk mengolah *Treated Water* adalah koagulan utama aluminium sulfat dan koagulan aid kapur aktif dengan dosis penambahan koagulan sebesar 120 mg/L atau sama dengan penambahan koagulan aluminium sulfat sebanyak 60 mg/L dan koagulan aid kapur aktif sebanyak 60 mg/L. Parameter yang menjadi acuan utama pengolahan adalah pH, F, dan TSS sehingga dapat disimpulkan bahwa koagulan utama aluminium sulfat dan koagulan aid kapur aktif lebih efektif menurunkan parameter-parameter untuk kriteria air *scrubbing*. Dosis optimum penambahan koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif untuk *Treated Water* hasil sampel tertinggi dan terendah adalah 120 mg/L. Namun dari segi finansial pada percobaan di sampel kedua, untuk penambahan dosis koagulan 100 mg/L sudah mampu mencapai kriteria air untuk *scrubbing*. Maka dari itu untuk penambahan dosis optimum koagulan dapat dibuat *range* 100 mg/L – 120 mg/L. Penambahan koagulan aluminium sulfat dan kapur aktif dengan dosis 100 mg/L atau sama dengan penambahan koagulan aluminium sulfat sebanyak 50 mg/L dan koagulan aid kapur aktif sebanyak 50 mg/L pada *Treated Water* mampu menurunkan parameter TSS, COD, kekeruhan, dan F masing-masing sebanyak 95,95%, 81,40%, 69,81%, dan 89,79%. Sedangkan pH mengalami penurunan tetapi masih tetap memenuhi kriteria yaitu 7,52.

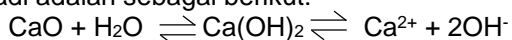
Berdasarkan hasil percobaan *jar test*, koagulan yang paling efektif untuk mengolah *Treated Water* adalah koagulan utama aluminium sulfat dan koagulan aid kapur aktif. Dalam hal ini penambahan koagulan aid diperlukan sebab jika hanya

menggunakan aluminium sulfat maka pH akan mengalami penurunan secara drastis. Di samping dapat menurunkan parameter TSS, kekeruhan, COD, dan F. Penambahan koagulan juga dapat menyebabkan penurunan pH. Penurunan pH juga dipengaruhi oleh jenis koagulan. Koagulan yang bereaksi dengan air limbah dapat membuat ion H<sup>+</sup> terlepas dan menyebabkan suasana menjadi asam. Rentang pH tertentu dimiliki oleh masing-masing jenis koagulan memiliki agar dapat bekerja secara optimum. Maka, pengaturan dan kontrol pH pada larutan penting dilakukan dalam pengolahan limbah dengan metode koagulasi-flokulasi (Rizkawanti *et al.*, 2016).

Pada sampel pertama, penambahan koagulan utama aluminium sulfat dan koagulan aid kapur aktif dengan konsentrasi 120 mg/L memiliki karakteristik awal 7,7 lalu mengalami penurunan menjadi 7. Sedangkan pada sampel kedua, penambahan koagulan utama aluminium sulfat dan koagulan aid kapur aktif dengan konsentrasi 120 mg/L memiliki karakteristik awal 5,8 kemudian dinaikkan menjadi 8 menggunakan CaCO<sub>3</sub> lalu mengalami penurunan menjadi 7,29.

Kemudian untuk penurunan pH pada koagulan utama aluminium sulfat dan koagulan aid PAC di sampel pertama memiliki karakteristik awal 7,7 kemudian dinaikkan menjadi 8 menggunakan CaCO<sub>3</sub> lalu mengalami penurunan menjadi 5,92. Sedangkan pada sampel kedua, penambahan koagulan utama aluminium sulfat dan koagulan aid PAC dengan konsentrasi 120 mg/L memiliki karakteristik awal 5,8 kemudian dinaikkan menjadi 8 menggunakan CaCO<sub>3</sub> lalu mengalami penurunan menjadi 5,52.

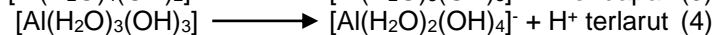
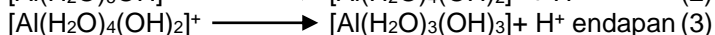
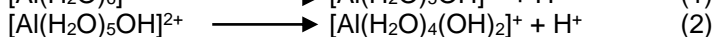
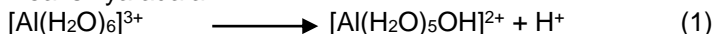
Berdasarkan percobaan di atas, penambahan koagulan aid kapur aktif tidak mengalami penurunan pH secara signifikan karena kapur aktif (CaO) jika berada dalam campuran air maka akan membentuk senyawa kalsium hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>) dan memiliki sifat basa dan dalam air terurai menjadi dua ion OH<sup>-</sup> dan ion Ca<sup>2+</sup> (Ravina, 1993). Ion hidroksida (OH<sup>-</sup>) akan meningkatkan pH air limbah. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Kapur aktif berfungsi untuk membuat koagulan aluminium sulfat menjadi lebih efektif dalam suasana basa. Hal tersebut dapat terjadi karena pada saat dalam suasana basa,  $\text{Al}^{3+}$  jika berada di dalam air akan terhidrolisis membentuk ion kompleks bermuatan positif, ion ini memiliki kemampuan untuk menyerap permukaan partikel-partikel tersuspensi yang bermuatan negatif (Jiao *et al.*, 2015).

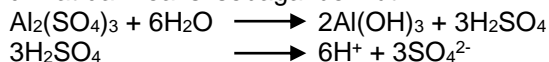
Untuk parameter kekeruhan, sangat erat hubungannya dengan zat tersuspensi, karena zat tersuspensi di dalam air merupakan penyebab dari kekeruhan. Zat-zat tersuspensi yang ada di air terdiri dari bahan-bahan organik atau anorganik berupa pasir-pasir halus dan lumpur alami. Zat tersuspensi yang terdapat di dalam air yang melayang dalam air. Penurunan konsentrasi kekeruhan disebabkan adanya proses koagulasi dimana proses ini membuat tumbukan antar koloid dan partikel tersuspensi yang selanjutnya membentuk gumpalan dan dipisahkan melalui proses sedimentasi (Sarwono *et al.*, 2017).

Untuk parameter COD, efisiensi penurunan tertinggi terdapat pada penambahan koagulan aluminium sulfat dan koagulan pendukung PAC. Hal ini disebabkan karena koagulan PAC adalah polimer organik, apabila mekanisme koagulasi didominasi oleh jembatan polimer, efisiensi akan bertambah dengan penambahan berat molekul. Kenaikan berat molekul dan penurunan sifat pelarutan akan sangat besar apabila terdapat pemanfaatan senyawa molekul. Bahan kimia polimer sering dipakai sebagai koagulan dalam proses koagulasi, polimer berfungsi membantu pembentukan makroflok setelah terjadi destabilisasi dan pembentukan tersebut disebabkan oleh koagulan (Lofrano *et al.*, 2006). Menurut Sianita dan Nurchayati (2006), pH hidrolisis menyebabkan ion  $\text{Al}^{3+}$  dalam larutan koagulan terhidrasi. Adapun senyawa yang akan terbentuk memiliki muatan positif dan mampu bereaksi dengan zat pencemar seperti koloid. Reaksinya adalah:



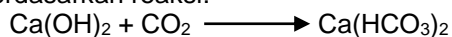
Pada tahap pertama terbentuk senyawa dengan 5 molekul air dan 1 gugus hidroksil yang muatan totalnya akan turun dari +3 menjadi +2 (persamaan 1). Jika pH di dalam larutan terus naik hingga mencapai pH optimum, maka akan terjadi reaksi tahap kedua dimana terbentuk senyawa yang mempunyai 4 molekul air dan 2 gugus hidroksil (persamaan 2). Larutan dengan pH >6 akan membentuk senyawa logam netral  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang tidak larut, mempunyai volume yang besar dan dapat mengendap sebagai flok (persamaan 3). Pada pH >7,8 akan terbentuk senyawa  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{OH})_4]$  atau  $\text{Al}(\text{OH})_4$  yaitu senyawa dengan muatan negatif dan dapat larut dalam air (persamaan 4). Untuk itu pada proses koagulasi, perlu adanya kontrol pH agar kerja koagulan dapat berlangsung secara optimum sehingga dapat mengendapkan zat pencemar yang ingin dihilangkan.

Untuk parameter pH, pengolahan proses koagulasi dengan menggunakan koagulan aluminium sulfat menyebabkan terlepasnya satu ion hidrogen untuk setiap gugus hidrogen yang telah dihasilkan. Ion hidrogen yang telah dihasilkan ini menyebabkan penurunan pH yang cukup signifikan, sehingga air yang diolah menjadi lebih asam. Hal ini dapat dilihat dari reaksi sebagai berikut:



Dari reaksi diatas dapat diketahui bahwa saat terjadi hidrolisis, aluminium sulfat dalam air akan melepaskan ion  $\text{H}^+$  sebanyak  $6\text{H}^+$ . Sedangkan pada reaksi hidrolisis PAC hanya dilepaskan 3 buah ion  $\text{H}^+$  (Budiman, 2008).

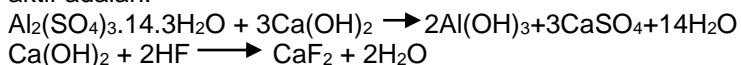
Penambahan kapur dipilih sebagai penstabil nilai pH, karena adanya ion  $\text{Ca}^{2+}$  dalam  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  jika berada dalam keadaan yang berlebih dapat membentuk presipitat dengan zat lain yang memiliki muatan negatif (Hartati dan Karnaningrum, 1993). Kalsium dalam kapur dapat digunakan untuk memperoleh alkalinitas larutan yang diperlukan dalam kontrol pH. Adanya reaksi penambahan kapur sebagai pengontrol nilai pH berdasarkan reaksi:



Menurut Puspita (2001), dosis kapur paling optimum untuk menaikkan pH adalah pada konsentrasi jenuh karena

menghasilkan peningkatan nilai pH yang cukup baik karena dalam pembuatan kapur jenuh jumlah zat yang ditambahkan lebih banyak sehingga jumlah zat yang terlarut dalam larutan kapur lebih banyak.

Untuk parameter F, efisiensi penurunan tertinggi terdapat pada penambahan koagulan aluminium sulfat dan koagulan pendukung kapur aktif, hal ini disebabkan karena menurut Bratby (2016), fluorida biasanya dihilangkan oleh koagulan aluminium melalui presipitasi dengan logam-hidroksida. Fluorida dapat dihilangkan dengan aluminium sulfat akan tetapi dengan adanya kapur aktif yang bersifat sebagai 'asisten' dari aluminium sulfat yang merupakan agen defluoridasi, maka proses penurunan fluorida dapat berlangsung lebih optimum. Menurut Benefield *et al.*, (1982), reaksi dari penurunan fluorida oleh aluminium sulfat dan kapur aktif adalah:



Hasil perhitungan kebutuhan koagulan dan biaya yang diperlukan untuk mengolah *Treated Water* dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9. Contoh perhitungan kebutuhan koagulan kapur aktif untuk mengolah *Treated Water* adalah:

Kadar kapur aktif = 70%  
 Dosis kapur aktif = 60 mg/L  
*Treated Water* yang diolah = 1 m<sup>3</sup> = 1000 L

Kebutuhan kapur aktif

$$= \frac{(\text{Dosis kapur aktif} \times \text{Volume } \textit{Treated Water})}{\text{Kadar Kapur Aktif}}$$

$$= \frac{(60 \text{ mg/L} \times 1000\text{L})}{70\%}$$

$$= 75000 \text{ mg} = 0,075 \text{ kg}$$

Harga kapur aktif = Rp 5.000/kg

Biaya pengolahan 1 m<sup>3</sup> *Treated Water* dengan koagulan kapur aktif = Rp 5.000/kg x 0,075 kg = Rp 375

Dalam 1 tahun *Treated Water* yang diolah sebanyak 770.660 m<sup>3</sup>. Maka, biaya pengolahan yang dibutuhkan untuk mengolah *Treated Water* adalah antara Rp 2.617.161.360 - Rp 3.001.720.700



**Tabel 4. 8 Perhitungan Kebutuhan dan Biaya Koagulan pada Sampel Pertama**

<b>Jenis Koagulan</b>	<b>Kemurnian (%)</b>	<b>Harga per kg</b>	<b>Dosis Optimum (mg/L)</b>	<b>Kebutuhan Koagulan per 1m<sup>3</sup> Treated Water (kg)</b>	<b>Biaya mengolah 1 m<sup>3</sup> Treated Water</b>	<b>Biaya mengolah Treated Water 1 tahun (770.660 m<sup>3</sup>)</b>
Aluminium sulfat	17%	Rp 10.000	60 mg/L	0,352	Rp 3.520	Rp 2.712.723.200
Kapur aktif	80%	Rp 5.000	60 mg/L	0,0857	Rp 375	Rp 288.997.500

**Tabel 4. 9 Perhitungan Kebutuhan dan Biaya Koagulan pada Sampel Kedua**

<b>Jenis Koagulan</b>	<b>Kemurnian (%)</b>	<b>Harga per kg</b>	<b>Dosis Optimum (mg/L)</b>	<b>Kebutuhan Koagulan per 1m<sup>3</sup> Treated Water (kg)</b>	<b>Biaya mengolah 1 m<sup>3</sup> Treated Water</b>	<b>Biaya mengolah Treated Water 1 bulan (770.660 m<sup>3</sup>)</b>
Aluminium sulfat	17%	Rp 10.000	50 mg/L	0,294	Rp 2.940	Rp 2.265.740.400
Kapur aktif	80%	Rp 5.000	50 mg/L	0,0625	Rp 313	Rp 241.216.580
Kalsium Karbonat	70%	Rp 3.000	33,33 mg/L	0,0340	Rp 143	Rp 110.204.380

### 4.3 Perencanaan Unit Pengolahan *Treated Water*

Setelah mengetahui jenis dan dosis optimum untuk koagulan, maka perlu direncanakan unit-unit pengolahan lebih lanjut untuk *Treated Water*.

#### 4.3.1 Perencanaan Unit Koagulasi I

Koagulasi merupakan proses pencampuran antara air yang akan diolah dengan penambahan koagulan untuk mengikat polutan menggunakan cara pengadukan (Husaini *et al.*, 2018). Unit koagulasi yang direncanakan dilakukan dengan menggunakan pengadukan mekanis. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan, yaitu G dan td.

#### Unit Pengaduk

Direncanakan :

Dibuat 1 unit bak

Q	= 100 m <sup>3</sup> /jam
Td	= 2 menit = 120 detik
Nre	= >10.000
G	= 700/s
Temperatur	= 24 <sup>o</sup> C
Viskositas kinematis (ν)	= 0,9186 x 10 <sup>-6</sup>
Viskositas absolut (μ)	= 0,9161 x 10 <sup>-3</sup>
ρ air baku	= 997,33 kg/m <sup>3</sup>
Kedalaman bak (h)	= 1 m + freeboard = 1,3 m
Panjang bak	= Lebar bak
n	= 200 rpm = 3,33 rps

Perhitungan:

Menghitung dimensi bak

$$Q \text{ per bak} = \frac{Q}{\text{jumlah bak}} = \frac{100 \text{ m}^3/\text{jam}}{1 \text{ unit}} = 100 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= Q \times t_d \\ &= 100 \text{ m}^3/\text{jam} \times \left(\frac{2}{60}\right) \text{ menit} = 3,33 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V = A \times h$$

$$3,33 = p^2 \times 1$$

$$\sqrt{3,33} = p \rightarrow 1,82 \text{ m} = 1,82 \text{ m} \approx 1,9 \text{ m}$$

Daya pengadukan

$$\begin{aligned} P &= G^2 \times \mu \times \text{Volume} \\ &= (700/\text{s})^2 \times 0,9161 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2 \times 3,33 \text{ m}^3 \\ &= 1494,8 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Diasumsi efisiensi motor sebesar 75%, maka :

$$P' = \frac{P}{75\%} = \frac{1494,8}{75\%} = 1993 \text{ kg.m/s}$$

### **Dimensi Impeller dan kecepatan rotasi**

Direncanakan :

Turbine 6 flate blades vaned disc

$$K_T = 5,75$$

$$K_L = 65,0$$

Untuk kriteria impeller Turbine 6 flate blades vaned disc blades dapat dilihat pada Tabel 4.10.

**Tabel 4.10 Kriteria Impeller**

<b>Tipe impeller</b>	<b>Kecepatan Putaran</b>	<b>Dimensi</b>
Turbine	100-150 rpm	Diameter : 30-50% lebar bak

Sumber: Masduqi dan Assomadi (2016)

Perhitungan :

Dimensi *impeller* (Di)

$$\begin{aligned} Di &= \left( \frac{P}{K_T \times n^3 \times \rho} \right)^{1/5} \\ &= \left( \frac{1494,8}{5,75 \times 36,93 \times 997,33} \right)^{1/5} \\ &= 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Cek bilangan Reynold (Nre)

$$\begin{aligned} Nre &= \frac{Di^2 \times n \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{(0,6\text{m})^2 \times 3,33 \text{ rps} \times 997,33 \text{ kg/m}^3}{0,9161 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2} = 1305096,8 > 10.000 \end{aligned}$$

(sudah memenuhi kriteria aliran turbulen)

### **Saluran inlet dan outlet**

Direncanakan:

Jumlah bak koagulasi sebanyak 1 buah, maka jumlah saluran adalah 1.

Panjang pipa = 3 m

V pipa = 1 m/s

C (koefisien kekasaran pipa) → pipa besi = 140

$$Q \text{ tiap pipa} = \frac{Q_{\text{total}}}{\text{jumlah pipa}} \\ = \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ unit}} = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

Perhitungan:

Menghitung diameter pipa

$$\text{Luas (A)} = Q / V \\ = 0,03 \text{ m}^3/\text{s} / 1 \text{ m/s} = 0,03 \text{ m}^2$$

$$D \text{ pipa} = \sqrt{\frac{4xA}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,03}{\pi}} = 0,195 \text{ m}$$

Digunakan pipa besi galvanis dengan ukuran diameter 190,9 mm

Megecek kecepatan dan headloss

$$V \text{ cek} = \frac{Q}{A_{\text{cek}}} = \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \times \pi \times D^2} = \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \times \pi \times (0,190\text{m})^2} = 1,06 \text{ m/s}$$

Headloss:

Mayor losses:

$$H_f \text{ pipa} = \left[ \frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \text{ suction} \\ = \left[ \frac{30}{0,00155 \times 140 \times (19,1)^{2,63}} \right]^{1,85} \times 3 \text{ m} \\ = 0,0160 \text{ m}$$

Minor losses:

$$\text{Head kecepatan (Hv)} = \frac{v^2}{2g} = \frac{1,06^2}{2 \times 9,81} = 0,056 \text{ m}$$

$$H_f \text{ valve (1 buah, } k=0,3) = \frac{k \times v^2}{2g} = \frac{0,3 \times 1,06^2}{2 \times 9,81} = 0,0169 \text{ m}$$

$$\text{Headloss minor} = h_v + H_f \text{ valve} \\ = 0,056 + 0,0169 \\ = 0,0729 \text{ m}$$

$$\text{Headloss Total} = \text{Headloss mayor} + \text{Headloss minor} \\ = 0,0160 \text{ m} + 0,0729 \text{ m} = 0,09 \text{ m}$$

## **Kebutuhan koagulan**

### Direncanakan:

Jenis koagulan	= Tawas ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ )
Dosis tawas optimum laboratorium)	= 60 mg/L (berdasarkan hasil)
Kadar tawas	= 17%
Konsentrasi tawas	= 10%
$\rho$ air	= 1000 kg/m <sup>3</sup>
$\rho$ tawas	= 1760 kg/m <sup>3</sup> = 1,76 gr/cm <sup>3</sup>
Jumlah bak pembunuh	= 1 bak

### Perhitungan:

- Mencari kebutuhan tawas

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan tawas} &= \frac{Q \times \text{dosis} \times \text{waktu pembubuhan}}{\text{kemurnian}} \\ &= \frac{30 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times \frac{60 \text{ mg}}{\text{l}} \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{mg}} \times 1 \text{ hari} \times 86400 \frac{\text{s}}{\text{hari}}}{17\%} \\ &= 914,82 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Untuk membuat konsentrasi 10% maka

$$\begin{aligned}0,1 &= \frac{914,82}{914,82+x}, \quad x = \text{berat pelarut air yang} \\ &\text{dibutuhkan} \\ x &= \frac{914,82 - (91,482)}{0,1} = 8233,38 \text{ kg} = 8234 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Mencari kebutuhan pelarut

$$\text{Volume pelarutnya} = \frac{\text{massa air}}{\rho \text{ air}} = \frac{8234 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 8,23 \text{ m}^3$$

## **Bak pelarut koagulan**

### Direncanakan:

Dimensi bak	= P:L = 1:1
Kedalaman bak (h)	= 1 m

### Perhitungan:

- Menghitung dimensi bak pembunuh

$$\begin{aligned}\text{Volume bak pembunuh} &= \text{volume air} + \text{volume tawas} \\ &= 8,23 \text{ m}^3 + \frac{\text{massa tawas}}{\rho \text{ tawas}} \\ &= 8,23 \text{ m}^3 + \frac{914,82 \text{ kg}}{1760 \text{ kg/m}^3} = 8,75 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dimensi bak

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= V / h \\ &= 8,75 \text{ m}^3 / 1 \text{ m} = 8,75 \text{ m}^2 \\ A &= P \times L = L \times L \\ 8,75 \text{ m}^2 &= L^2 \\ \text{Lebar (L)} &= 2,95 \text{ m} \\ \text{Panjang (P)} &= 2,95 \text{ m} \end{aligned}$$

Pipa pembubuh koagulan

Direncanakan:

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan} &= 1 \text{ m/s} \\ \text{Panjang pipa pembubuh} &= 3 \text{ m} \\ \text{Jenis pipa} &= \text{PVC} \\ \text{D pipa koagulan} &= 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Volume pipa injeksi} &= 0,25 \times \pi \times D^2 \times L \\ &= 0,25 \times 3,14 \times (0,06)^2 \times 4 \text{ m} \\ &= 0,0113 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Td pipa injeksi} = \frac{Q}{A} = \frac{0,06 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0113 \text{ m}^3} = 5,3 \text{ s}$$

### **Kebutuhan CaCO<sub>3</sub>**

Direncanakan:

$$\begin{aligned} \text{Dosis CaCO}_3 \text{ optimum} &= 33,33 \text{ mg/L (berdasarkan hasil laboratorium)} \\ \text{Kadar CaCO}_3 &= 98\% \\ \text{Konsentrasi CaCO}_3 &= 10\% \\ \rho \text{ air} &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ \rho \text{ CaCO}_3 &= 2710 \text{ kg/m}^3 = 2,71 \text{ g/cm}^3 \\ \text{Jumlah bak pembubuh} &= 1 \text{ bak} \end{aligned}$$

Perhitungan:

- Mencari kebutuhan CaCO<sub>3</sub>

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan CaCO}_3 &= \frac{Q \times \text{dosis} \times \text{waktu pembubuhan}}{\text{kemurnian}} \\ &= \frac{30 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times \frac{33,33 \text{ mg}}{\text{l}} \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{mg}} \times 1 \text{ hari} \times 86400 \frac{\text{s}}{\text{hari}}}{98\%} \\ &= 88,15 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Untuk membuat konsentrasi 10% maka

$$0,1 = \frac{88,15}{88,15 + x}, \quad x = \text{berat pelarut air yang dibutuhkan}$$

$$x = \frac{88,15 - (8,815)}{0,1} = 793,35 \text{ kg} = 794 \text{ kg}$$

- Mencari kebutuhan pelarut

$$\text{Volume pelarutnya} = \frac{\text{massa air}}{\rho \text{ air}} = \frac{794 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0,794 \text{ m}^3$$

### **Bak pelarut CaCO<sub>3</sub>**

Direncanakan:

Dimensi bak = P:L = 1:1

Kedalaman bak (h) = 1 m

Perhitungan:

Menghitung dimensi bak pembubuh

$$\begin{aligned} \text{Volume bak pembubuh} &= \text{volume air} + \text{volume CaCO}_3 \\ &= 0,794 \text{ m}^3 + \frac{\text{massa CaCO}_3}{\rho \text{ CaCO}_3} \\ &= 0,794 \text{ m}^3 + \frac{794 \text{ kg}}{2710 \text{ kg/m}^3} = 1,086 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimensi bak

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= V / h \\ &= 1,086 \text{ m}^3 / 1 \text{ m} = 1,086 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A = P \times L = L \times L$$

$$1,086 \text{ m}^2 = L^2$$

$$\text{Lebar (L)} = 1,04 \text{ m} \approx 1,1 \text{ m}$$

$$\text{Panjang (P)} = 1,1 \text{ m}$$

Pipa pembubuh CaCO<sub>3</sub>

Direncanakan:

Kecepatan = 1 m/s

Panjang pipa pembubuh = 3 m

Jenis pipa = PVC

D pipa koagulan = 6 cm

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Volume pipa injeksi} &= 0,25 \times \pi \times D^2 \times L \\ &= 0,25 \times 3,14 \times (0,06)^2 \times 4 \text{ m} \\ &= 0,0113 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Td pipa injeksi} = \frac{Q}{V} = \frac{0,06 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0113 \text{ m}^3} = 5,3 \text{ s}$$

### 4.3.2 Perencanaan Unit Koagulasi 2

#### Unit Pengaduk

Direncanakan :

Dibuat 1 unit bak

$$Q = 100 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$T_d = 1 \text{ menit} = 60 \text{ detik}$$

$$N_{re} = >10.000$$

$$G = 700/\text{s}$$

$$\text{Temperatur} = 24^\circ\text{C}$$

$$\text{Viskositas kinematis } (\nu) = 0,9186 \times 10^{-6}$$

$$\text{Viskositas absolut } (\mu) = 0,9161 \times 10^{-3}$$

$$\rho \text{ air baku} = 997,33 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kedalaman bak (h)} = 1 \text{ m} + \text{freeboard}$$

$$= 1,3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bak} = \text{Lebar bak}$$

$$n = 100 \text{ rpm} = 1,67 \text{ rps}$$

Perhitungan:

- Menghitung dimensi bak

$$Q \text{ per bak} = \frac{Q}{\text{jumlah bak}} = \frac{100 \text{ m}^3/\text{jam}}{1 \text{ unit}} = 100 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Volume} = Q \times t_d$$

$$= 100 \text{ m}^3/\text{jam} \times \left(\frac{1}{60}\right) \text{ menit} = 1,67 \text{ m}^3$$

$$V = A \times h$$

$$1,67 \text{ m}^3 = p^2 \times 1$$

$$\sqrt{1,67} = p \rightarrow 1,29 \text{ m} = 1,29 \text{ m} \approx 1,3 \text{ m}$$

- Daya pengadukan

$$P = G^2 \times \mu \times \text{Volume}$$

$$= (700/\text{s})^2 \times 0,9161 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2 \times 1,67 \text{ m}^3$$

$$= 749,64 \text{ Watt}$$

Diasumsi efisiensi motor sebesar 75%, maka :

$$P' = \frac{P}{75\%} = \frac{749,64}{75\%} = 999,52 \text{ kg.m/s}$$

#### Dimensi Impeller dan kecepatan rotasi

Direncanakan :

Turbine 6 flate blades vaned disc

$$K_T = 5,75$$

$$K_L = 65,0$$



Untuk kriteria impeller Turbine 6 flate blades vaned disc blades dapat dilihat pada Tabel 4.11.

**Tabel 4.11 Kriteria Impeller**

Tipe <i>impeller</i>	Kecepatan Putaran	Dimensi
Turbine	100-150 rpm	Diameter : 30-50% lebar bak

Sumber: Masduqi dan Assomadi (2016)

Perhitungan :

- Dimensi *impeller* (Di)

$$\begin{aligned}
 Di &= \left( \frac{P}{KT \times n^3 \times \rho} \right)^{1/5} \\
 &= \left( \frac{749,64}{5,75 \times 4,66 \times 997,33} \right)^{1/5} \\
 &= 0,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Cek bilangan Reynold (Nre)

$$\begin{aligned}
 Nre &= \frac{Di^2 \times n \times \rho}{\mu} \\
 &= \frac{(0,5m)^2 \times 1,67 \text{ rps} \times 997,33 \text{ kg/m}^3}{0,9161 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2} = 454519,5 > 10.000
 \end{aligned}$$

(sudah memenuhi kriteria aliran turbulen)

### **Saluran inlet dan outlet**

Direncanakan:

Jumlah bak koagulasi sebanyak 1 buah, maka jumlah saluran adalah 1.

Panjang pipa = 3 m

V pipa = 1 m/s

C (koefisien kekasaran pipa) → pipa besi = 140

$$\begin{aligned}
 Q \text{ tiap pipa} &= \frac{Q \text{ total}}{\text{jumlah pipa}} \\
 &= \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ unit}} = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Perhitungan:

- Menghitung diameter pipa

$$\begin{aligned}
 \text{Luas (A)} &= Q / V \\
 &= 0,03 \text{ m}^3/\text{s} / 1 \text{ m/s} = 0,03 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$D \text{ pipa} = \sqrt{\frac{4xA}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,03}{\pi}} = 0,195 \text{ m}$$

Digunakan pipa besi galvanis dengan ukuran diameter 190,9 mm

- Mengecek kecepatan dan headloss

$$V_{cek} = \frac{Q}{A_{cek}} = \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \times \pi \times D^2} = \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \times \pi \times (0,190\text{m})^2} = 1,06 \text{ m/s}$$

Headloss:

Mayor losses:

$$\begin{aligned} H_f \text{ pipa} &= \left[ \frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \text{ suction} \\ &= \left[ \frac{30}{0,00155 \times 140 \times (19,1)^{2,63}} \right]^{1,85} \times 3 \\ &= 0,0160 \text{ m} \end{aligned}$$

Minor losses:

$$H_f \text{ valve (1 buah, } k=0,3) = \frac{k \times v^2}{2g} = \frac{0,3 \times 1,05^2}{2 \times 9,81} = 0,0169 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss minor} &= h_v + H_f \text{ valve} \\ &= 0,056 + 0,0169 \\ &= 0,0729 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss Total} &= \text{Headloss mayor} + \text{Headloss minor} \\ &= 0,0160 \text{ m} + 0,0729 \text{ m} = 0,09 \text{ m} \end{aligned}$$

## **Kebutuhan koagulan**

Direncanakan:

Jenis koagulan	= Kapur aktif (CaO)
Dosis tawas optimum	= 60 mg/L (berdasarkan hasil laboratorium)
Kadar kapur aktif	= 96%
Konsentrasi kapur aktif	= 10%
$\rho$ air	= 1000 kg/m <sup>3</sup>
$\rho$ kapur aktif	= 3340 kg/m <sup>3</sup> = 3,34 gr/cm <sup>3</sup>
Jumlah bak pembubuh	= 1 bak

Perhitungan:

- Mencari kebutuhan kapur aktif

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan kapur aktif} &= \frac{Q \times \text{dosis} \times \text{waktu pembubuhan}}{\text{kemurnian}} \\ &= \frac{30 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times \frac{60 \text{ mg}}{\text{l}} \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{mg}} \times 1 \text{ hari} \times 86400 \frac{\text{s}}{\text{hari}}}{96\%} \\ &= 162 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Untuk membuat konsentrasi 10% maka

$$0,1 = \frac{162}{162+x}, \quad x = \text{berat pelarut air yang dibutuhkan}$$
$$x = \frac{162 - (162 \cdot 0,1)}{0,1} = 1458 \text{ kg}$$

- Mencari kebutuhan pelarut

$$\text{Volume pelarutnya} = \frac{\text{massa air}}{\rho \text{ air}} = \frac{1458 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 1,46 \text{ m}^3$$

### **Bak pelarut koagulan**

Direncanakan:

$$\text{Dimensi bak} = P:L = 1:1$$

$$\text{Kedalaman bak (h)} = 1 \text{ m}$$

Perhitungan:

Menghitung dimensi bak pembunuh

$$\begin{aligned} \text{Volume bak pembunuh} &= \text{volume air} + \text{volume tawas} \\ &= 1,46 \text{ m}^3 + \frac{\text{massa tawas}}{\rho \text{ tawas}} \\ &= 1,46 \text{ m}^3 + \frac{162 \text{ kg}}{3340 \text{ kg/m}^3} = 1,51 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimensi bak

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= V/h \\ &= 1,51 \text{ m}^3 / 1 \text{ m} = 1,51 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A = P \times L = L \times L$$

$$1,51 \text{ m}^2 = L^2$$

$$\text{Lebar (L)} = 1,23 \text{ m}$$

$$\text{Panjang (P)} = 1,23 \text{ m}$$

Pipa pembunuh koagulan

Direncanakan:

$$\text{Kecepatan} = 1 \text{ m/s}$$

$$\text{Panjang pipa pembunuh} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Jenis pipa} = \text{PVC}$$

$$\text{D pipa koagulan} = 6 \text{ cm}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Volume pipa injeksi} &= 0,25 \times \pi \times D^2 \times L \\ &= 0,25 \times 3,14 \times (0,06)^2 \times 4 \text{ m} \\ &= 0,0113 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Td pipa injeksi} = \frac{Q}{A} = \frac{0,06 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0113 \text{ m}^3} = 5,3 \text{ s}$$

### 4.3.3 Perencanaan Unit Flokulasi

Direncanakan :

Kedalaman air (h)	= 1 m
Flokulator yang digunakan adalah flokulator jenis baffle channel.	
suhu air	= 30° C
$\mu$	= 0,008004 kg/m.s
$\rho$	= 995,68 kg/m <sup>3</sup>
$\nu$	= 0,8039 x 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s
Koefisien gesek (f)	= 0,3 (merupakan faktor friksi baffle)
Kompartemen	
G	= 20 dtk <sup>-1</sup>
td	= 10 menit = 600 dtk

### **Dimensi Bak**

Direncanakan :

Q	= 0,03 m <sup>3</sup> /s
Jumlah unit	= 1 unit
Q tiap unit	= Q/jumlah unit
	= 0,03 m <sup>3</sup> /s/1 unit
	= 0,03 m <sup>3</sup> /s
Kedalaman air (h)	= 1 m
Panjang : lebar	= 2 : 1

Perhitungan

td total	= td kompartemen
	= 900 detik
Volume total bak	= Q x td total
	= 0,03 m <sup>3</sup> /detik x 600 detik
	= 18 m <sup>3</sup>
Luas total (A)	= Volume total bak/h bak
	= 18 m <sup>3</sup> /1 m
	= 18 m <sup>2</sup>
Luas (A)	= L x W
18 m <sup>2</sup>	= 2 W x W
Lebar (W)	= 3 m
Panjang (L)	= 2 x W
	= 2 x 3 m
	= 6 m
Kedalaman	= 1 m

Jadi untuk kompartemen :

$$\begin{aligned} \text{Panjang (L)} &= 6 \text{ m} \\ \text{Lebar (w)} &= 3 \text{ m} \\ \text{Kedalaman + free board} &= 1 \text{ m} + 0,3 \text{ m} = 1,3 \text{ m} \end{aligned}$$

### **Kompartemen**

Direncanakan :

$$\begin{aligned} G &= 20 \text{ dtk}^{-1} \\ td &= 10 \text{ menit} = 600 \text{ dtk} \\ \text{Kedalaman} &= 1 \text{ m} \\ \text{Panjang (L)} &= 1,42 \text{ m} \\ \text{Lebar (w)} &= 0,71 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baffle (N)} &= \left\{ \frac{2 \times \mu \times td}{\rho \times (1,44 + f)} \left[ \frac{h \times L \times G}{Q} \right]^2 \right\}^{1/3} \\ &= 45 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak antar baffle (bl)} = \frac{L_{\text{bak}}}{N} = \frac{6 \text{ m}}{45} = 0,13 \text{ m}$$

$$\text{Vsaluran} = \frac{Q}{(bl \times h)} = \frac{0,03}{(0,4 \times 1)} = 0,23 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf Kompartemen} &= \frac{\mu \times td}{\rho \times g} \times G^2 \\ &= \frac{0,8004 \times 10^{-3} \times 600}{995,68 \times 9,81} \times 20^2 \\ &= 0,02 \text{ m} \end{aligned}$$

### **Headloss Flokulasi**

Hf total = 0,02 m

### **Saluran Inlet dan Outlet**

Direncanakan :

$$Q \text{ saluran} = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

Saluran inlet dan outlet unit flokulasi ini berdimensi sama dengan saluran outlet koagulasi.

$$\text{Panjang pipa} = 3 \text{ m}$$

$$V \text{ pipa} = 1 \text{ m/s}$$

C (koefisien kekasaran pipa) → pipa besi = 140

$$\begin{aligned} Q \text{ tiap pipa} &= \frac{Q_{\text{total}}}{\text{jumlah pipa}} \\ &= \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ unit}} = 0,03 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Perhitungan:

- Menghitung diameter pipa

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= Q / V \\ &= 0,03 \text{ m}^3/\text{s} / 1 \text{ m/s} = 0,03 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$D \text{ pipa} = \sqrt{\frac{4xA}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,03}{\pi}} = 0,195 \text{ m}$$

Digunakan pipa besi galvanis dengan ukuran diameter 190,9 mm

- Mengecek kecepatan dan headloss

$$V \text{ cek} = \frac{Q}{A \text{ cek}} = \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \times \pi \times D^2} = \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \times \pi \times (0,190\text{m})^2} = 1,06 \text{ m/s}$$

Headloss:

Mayor losses:

$$\begin{aligned} H_f \text{ pipa} &= \left[ \frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \text{ suction} \\ &= \left[ \frac{30}{0,00155 \times 140 \times (19,1)^{2,63}} \right]^{1,85} \times 3 \\ &= 0,0160 \text{ m} \end{aligned}$$

Minor losses:

$$H_f \text{ valve (1 buah, } k=0,3) = \frac{k \times v^2}{2g} = \frac{0,3 \times 1,05^2}{2 \times 9,81} = 0,0169 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss minor} &= h_v + H_f \text{ valve} \\ &= 0,056 + 0,0169 \\ &= 0,0729 \text{ m} \end{aligned}$$

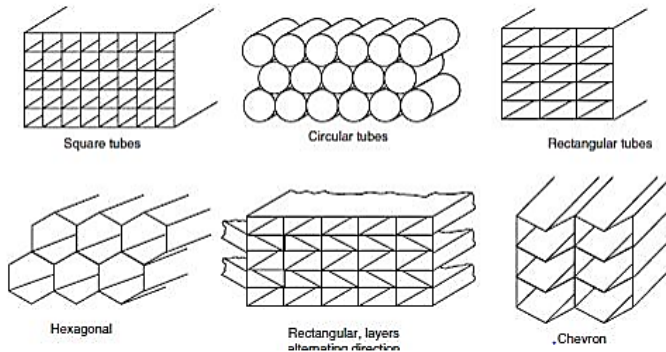
$$\begin{aligned} \text{Headloss Total} &= \text{Headloss mayor} + \text{Headloss minor} \\ &= 0,0160 \text{ m} + 0,0729 \text{ m} = 0,09 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.3.4 Perencanaan Unit Sedimentasi

Sedimentasi berfungsi untuk mengendapkan partikel flok yang telah terbentuk pada proses koagulasi dan flokulasi. Sedimentasi didesain menggunakan tube settler untuk meningkatkan penyisihan partikel TSS dan diikuti lain itu untuk meningkatkan nilai *overflow rate* pada bak sedimentasi tanpa harus menambah luasan bidang pengendapan dapat dilakukan dengan menambahkan *tube settler*. Hal tersebut dikarenakan padatan yang ada di dalam air akan tertempel pada bagian *tube* atau *plate settler* (Crittenden *et al.*, 2012).

Bentuk dari *tube settler* terdiri dari *square tubes*, *circular tubes*, *rectangular tubes*, *hexagonal tubes*, *rectangular layers alternating direction* dan *chevron tubes*. Berdasarkan analisis

terhadap bentuk tube settler terdapat perbedaan efisiensi dari berbagai bentuk terhadap penyisihan padatan. *Tube settler hexagonal* dan *chevron* memiliki efisiensi lebih baik dalam menyisihkan padatan dikarenakan padatan dapat menempel pada bagian yang membentuk siku atau sudut (Crittenden *et al.*, 2012).



**Gambar 4.37 Bentuk-Bentuk Tube Settler**

Sumber: Crittenden *et al.*, (2012)

## Zona Pengendapan

Direncanakan :

Bak sedimentasi dengan menggunakan tube settler

$$Q = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Jumlah unit} = 2 \text{ unit}$$

$$Q \text{ tiap unit} = Q / \text{jumlah unit}$$

$$= 0,03 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}} / 2 = 0,015 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}$$

$$\text{Kedalaman bak} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang:lebar} = 4:1$$

$$\text{Nfr} > 10^{-5} \text{ (agar tidak terjadi aliran pendek)}$$

$$\text{Nre} < 2000 \text{ (agar tidak ada aliran pengendapan (m/s))}$$

$$\text{Nfr partikel} < 0,5$$

$$\text{Suhu air } 24^\circ\text{C}:0,$$

$$\mu = 0,0009161 \text{ N}\cdot\text{detik}/\text{m}^2 = 0,009161 \text{ kg}/\text{m}\cdot\text{s}$$

$$\rho = 997,33 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$v = 0,9186 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 0,04$$

$$f = 0,02$$

$$S_{solid} = 2,65$$

Spesifikasi dari tube settler:

$$W = 0,05 \text{ m}$$

$$h = 1,5 \text{ m}$$

#### Perhitungan:

Dalam mendesain bak pengendap perlu adanya faktor *scale up* yang digunakan dari laboratorium ke unit sedimentasi. Faktor *scale up* umumnya adalah 1,75 untuk waktu detensi dan 0,65 untuk *over flowrate* (Reynold dan Richards, 1996). Ketika mendesain bak pengendap perlu diketahui kriteria dari unit sedimentasi tersebut yang dapat dilihat pada Tabel 4.12.

**Tabel 4.12 Kriteria Unit Sedimentasi (Bak Pengendap)**

Kriteria Umum	Bak Persegi (Aliran Horizontal)	Bak Persegi Aliran Vertikal (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Bak Bundar – (aliran vertikal-radial)	Bak Bundar – (kontak padatan)	Clarifier
Beban Permukaan ( $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ )	0,8 – 2,5	3,8 – 7,5	1,3 – 1,9	2 – 3	0,5 – 1,5
Kedalaman (m)	3 – 6	3 – 6	3 – 5	3 – 6	0,5 – 1,0
Waktu retensi (jam)	1,5 – 3	0,07	1 – 3	1 – 2	2 – 2,5
Lebar/panjang	>1/5	-	-	-	-
Beban pelimpah ( $\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{jam}$ )	<11	<11	3,8 – 15	7 – 15	7,2 – 10



Kriteria Umum	Bak Persegi (Aliran Horizontal)	Bak Persegi Aliran Vertikal (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Bak Bundar – (aliran vertikal-radial)	Bak Bundar – (kontak padatan)	Clarifier
Bilangan Reynold	<2000	<2000	-	-	<2000
Kecepatan pada pelat/tabung pengendap (m/menit)	-	Max 0,15	-	-	-
Bilangan Fraude	>10 <sup>-5</sup>	>10 <sup>-5</sup>	-	-	>10 <sup>-5</sup>
Kecepatan vertikal (cm/menit)	-	-	-	<1	<1
Sirkulasi lumpur	-	-	-	3 – 5% lumpur	-
Kemiringan dasar bak (tanpa <i>scraper</i> )	45° – 60°	45° – 60°	45° – 60°	>60°	45° – 60°
Periode antar pengurasan lumpur (jam)	12 – 24	8 – 24	12 – 24	Kontinyu	12 – 24
Kemiringan <i>tube/plate</i>	30° / 60°	30° / 60°	30° / 60°	30° / 60°	30° / 60°

Sumber: SNI 6774-2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air

- Menghitung dimensi tiap bak

Kriteria Desain

SLR = 20 – 60 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari (kriteria desain)

Asumsi SLR = 60 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari = 2,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.jam

Td = 60 menit x 1,75 = 105 menit

Q = 100 m<sup>3</sup>/jam

Menggunakan rumus:

$$A = \frac{Q}{SLR}$$

$$A = \frac{50 \text{ m}^3/\text{jam}}{2,5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}} = 20 \text{ m}^2$$

Luas (A) = p x l

$$20 \text{ m}^2 = 4l \times l$$

$$20 \text{ m}^2 = 4l^2$$

Lebar (l) = 2,3 m

Panjang = 4 x 2,3 m = 9,2 m

Volume Bak = A x kedalaman = 20 m<sup>2</sup> x 3 m = 60 m<sup>3</sup>

$$V_o = \frac{Q}{A} \times \frac{W}{h \cos \alpha + W \cos^2 \alpha}$$

Dengan:

$$\alpha = 60^\circ$$

A = luas permukaan bak yang dicover oleh tube settler

V<sub>o</sub> = kecepatan pengendapan (m/s)

$$V_o = \frac{0,015 \text{ m}^3/\text{s}}{20 \text{ m}^2} \times \frac{0,05}{1,5 \cos 60 + 0,05 \cos^2 60}$$

$$V_o = \frac{0,015}{20 \text{ m}^2} \times 0,065$$

$$V_o = 0,00004875 \text{ m/s}$$

- Dimensi bak total

75% luas bak dipakai *settler modules* dan sisanya 25% dibiarkan sebagai *open space*

Panjang total bak:

$$13 \text{ m} : 75\% = 17 \text{ m}$$

- Cek kecepatan aliran pada tube settler tiap bak

$$V_o = \frac{Q}{A \sin \alpha} = \frac{0,015 \text{ m}^3/\text{s} \times 60 \text{ s/menit}}{20 \text{ m}^2 \sin 60} = 0,052 \text{ m/menit} = 0,00086 \text{ m/s} \times 0,65 = 0,00056 \text{ m/s}$$

- Cek nilai Nre dan NFr setelah pemakaian *tube settler*

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,05^2}{4 \times 0,05} = 0,0125 \text{ m}$$

Kriteria Desain:

$$V_h = 0,15 - 0,90 \text{ m/menit}$$

Asumsi  $V_h = 0,35 \text{ m/menit} = 0,0058 \text{ m/s} \times 0,65 = 0,0036 \text{ m/s}$

$$N_{re} = \frac{v_h \times R}{\nu} = \frac{0,0036 \text{ m/s} \times 0,0125 \text{ m}}{0,9186 \times 10^{-6}} = 48,98 < 50 \text{ (memenuhi)}$$

$$N_{Fr} = \frac{v_h^2}{g \times R} = \frac{(0,0036)^2}{9,81 \times 0,0125} = 0,1 \times 10^{-5} \quad N_{Fr} < 10^{-5} \text{ (memenuhi)}$$

- Cek waktu detensi

$$T_d = \frac{\text{Tinggi tube}}{v_h} = \frac{1,5 \text{ m}}{0,22 \text{ m/menit}} = 6,8 \text{ menit} \times 1,75 = 11,9 \text{ menit}$$

*Perforated baffle* merupakan modifikasi dari *baffle* yang memiliki lubang-lubang pada dindingnya. Adanya lubang-lubang dengan ukuran seragam pada dinding *baffle* menyebabkan terjadinya perataan aliran, sehingga dapat meminimalisasi terjadinya *dead zone* (Kawamura, 2000).

- Menghitung  $T_d$

$$T_d = \frac{\text{Volume}}{Q} = \frac{120 \text{ m}^3}{0,036 \text{ m}^3/\text{s}} = 4000 \text{ s} = 0,92 \text{ jam} \times 1,75 = 1,6 \text{ jam}$$

- Menghitung nilai  $N_{re}$  dan  $N_{fr}$

$$R = \frac{lb \times h}{lb + 2h} = \frac{2,3 \times 3}{2,3 + 2(3)} = 0,83 \text{ m}$$

$$N_{re} = \frac{v_h \times R}{\nu} = \frac{0,0036 \times 0,72}{0,9186 \times 10^{-6}} = 2822 ; N_{re} < 2000 \text{ (tidak memenuhi)}$$

$$N_{Fr} = \frac{v_h^2}{g \times R} = \frac{(0,0036)^2}{9,81 \times 0,83} = 1,83 \times 10^{-6} \quad N_{Fr} < 10^{-5} \text{ (memenuhi)}$$

Apabila dilihat pada kontrol aliran *perforated baffle* perlu direncanakan karena aliran belum memenuhi kriteria. Maka perlu direncanakan *perforated baffle* sebagai berikut:

Direncanakan =

Asumsi  $N_{Re} = 2000$

Diameter *baffle* = 10 cm

$$R = \frac{D}{4} = 0,025 \text{ m}$$

$$\text{Luas } baffle = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi \times 0,2^2}{4} = 0,01 \text{ m}^2$$

$$V_h = \frac{N_{re} \times \nu}{R} = \frac{2000 \times 0,9186 \times 10^{-6}}{0,025 \text{ m}} = 0,07 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{hole}} = V_h \times \text{Luas } baffle = 0,06 \text{ m/s} \times 0,01 \text{ m}^2$$

$$= 0,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 2,16 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Jumlah hole yang dibutuhkan} = \frac{Q \text{ rata-rata}}{Q \text{ hole}} = \frac{100 \text{ m}^3/\text{jam}}{2,16 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$= 46,29 \text{ buah} = 48 \text{ hole}$$

### **Zona Lumpur**

#### Direncanakan:

Specific gravity (Ss) = 2,65 gr/ cm<sup>3</sup> = 2650 kg / cm<sup>3</sup>

Durasi pengurasan = 1 hari = 24 jam (kriteria 12-24 jam)

Total Suspended Solid = 92 mg/L (hasil percobaan laboratorium)

Suhu air 24°C:

$\mu = 0,0009161 \text{ N.detik/m}^2 = 0,009161 \text{ kg/m.s}$

$\rho = 997,33 \text{ kg/m}^3$

$v = 0,9186 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

#### Perhitungan:

- Menghitung volume lumpur

Kadar SS tiap bak

= Konsentrasi SS ke sedimentasi x Q tiap bak

= 92 mg/L x 15 L/detik x 86400 detik/hari x 10<sup>-6</sup> kg/mg

= 119,232 kg/hari

Kebutuhan tawas = 914,82 kg/hari (dari koagulasi)

Kebutuhan tawas tiap bak = 914,82 kg/hari / 2 unit

= 457,41 kg/hari

Kebutuhan kapur aktif = 162 kg/hari (dari koagulasi)

Kebutuhan kapur aktif tiap bak = 162 kg/hari / 2 unit

= 81 kg/hari

SS awal bak sedimentasi

= SS tiap bak + kebutuhan tawas tiap bak

= 119,232 kg/hari + 457,41 kg/hari

= 576,642 kg/hari

Produksi lumpur

= efisiensi removal sedimentasi x SS awal

= 80 % x 576,642 kg/hari

= 461,31 kg/hari

Berat total lumpur

= (Produksi lumpur x 100 %) / kadar solid

= (461,31 kg/hari x 100%) / 5 %

= 9226,2 kg/hari

% berat SS = (SS / berat total lumpur) x 100%

$$= (576,642 \text{ kg/hari} / 9226,2 \text{ kg/hari}) \times 100\%$$

$$= 6,25 \%$$

% berat tawas

$$= (\text{kebutuhan tawas} / \text{berat total lumpur}) \times 100\%$$

$$= (457,41 \text{ kg/hari} / 9226,2 \text{ kg/hari}) \times 100\%$$

$$= 4,96 \%$$

% berat kapur aktif

$$= (\text{kebutuhan kapur aktif} / \text{berat total lumpur}) \times 100\%$$

$$= (81 \text{ kg/hari} / 9226,2 \text{ kg/hari}) \times 100\%$$

$$= 0,88 \%$$

$\rho$  lumpur =

$$\frac{(6,25\% \times \rho_{SS}) + (4,96\% \times \rho_{\text{tawas}}) + (0,88\% \times \rho_{\text{kapur aktif}}) + ((100\% - 6,25\% - 4,96\% - 0,88\%) \times \rho_{\text{air}})}{100\%}$$

$$= \frac{(6,25\% \times 2650) + (4,96\% \times 1670) + (0,88\% \times 3340) + ((100\% - 6,25\% - 4,96\% - 0,88\%) \times 997,33)}{100\%}$$

$$= 1154,6 \text{ kg/m}^3$$

Volume lumpur

$$= \text{berat lumpur} / \rho_{\text{lumpur}}$$

$$= 9226,2 \text{ kg/hari} / 1154,6 \text{ kg/m}^3 = 7,9 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Menghitung dimensi ruang lumpur

Direncanakan:

Slope pada ruang lumpur	= 30-50%
Panjang permukaan lumpur (P1)	= 2,3 m
Lebar permukaan lumpur (L1)	= 2 m
Panjang permukaan lumpur (P2)	= 1,3 m
Lebar permukaan lumpur (L2)	= 1 m
$\alpha$ (kemiringan ruang lumpur)	= 45 <sup>0</sup>

Perhitungan:

$$\text{Volume} = 7,9 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1 \text{ hari} = 7,9 \text{ m}^3$$

$$\text{Luas permukaan lumpur (A1)} = P1 \times L1 = 2,3 \text{ m} \times 2 \text{ m}$$

$$= 4,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas dasar lumpur (A2)} = P2 \times L2 = 2 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

$$= 2 \text{ m}^2$$

Kedalaman ruang Lumpur (h)

$$\text{Tg } 45^\circ = \frac{h}{(P2 - P1)/2}$$

$$1 = \frac{h}{(2,3 - 2)/2} = 0,15 \text{ m}$$

H lumpur

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{3}h (A1+A2 +\sqrt{A1 \times A2}) \\ H &= \frac{3 \times \text{volume lumpur}}{A1+A2 +\sqrt{A1 \times A2}} = \frac{3 \times 7,9 \text{ m}^3}{4,6 + 2 + \sqrt{4,6 \times 2}} \\ H \text{ lumpur} &= 2 \text{ m} \end{aligned}$$

- Diameter pipa penguras lumpur:

**Direncanakan:**

Pengurasan lumpur dilakukan secara gravitasi

V dalam pipa = 1 m/detik

Waktu pengurasan = 15 menit = 900 dt

**Perhitungan:**

Volume lumpur selama periode pengurasan=  $7,9 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned} Q \text{ lumpur pada pipa} &= \frac{\text{Volume lumpur}}{\text{Waktu pengurasan}} \\ &= \frac{7,9 \text{ m}^3}{900 \text{ dt}} = 0,0087 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}} \end{aligned}$$

$$A \text{ pipa} = Q / V = 0,0087 / 1 = 0,0087 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} D \text{ pipa} &= \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0087}{\pi}} \\ &= 0,10 \text{ m} = 10 \text{ cm} \end{aligned}$$

**Zona Inlet**

**Direncanakan:**

Saluran Inlet = Saluran Outlet

Q Saluran =  $0,03 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}$

Lebar:Kedalaman = 2:1

V asumsi = 0,8 m/s

**Perhitungan:**

- Menghitung luas saluran inlet

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= Q / V \\ &= 0,03 \text{ m}^3/\text{s} / 0,8 \text{ m/s} = 0,0375 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Mencari kedalaman saluran

Luas (A) = lebar x kedalaman

$$0,0375 \text{ m}^2 = 2h \times h$$

$$h = 0,137 \text{ m} \approx 0,2 \text{ m}$$

- Mencari kedalaman saluran

Kedalaman (h) + fb = 0,2 m + 0,3 m = 0,5 m

Lebar (b) = 2 x h = 2 x 0,2 m = 0,4m

- Menghitung headloss

$$n = 0,015$$

$$R = \frac{b \times h}{(b+2h)} = \frac{0,4 \times 0,2}{(0,4+2(0,2))} = 0,1 \text{ m}$$

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times s^{1/2}$$

$$0,8 = \frac{1}{0,015} \times (0,1)^{2/3} \times s^{1/2}$$

$$\text{Slope (s)} = 3,1 \times 10^{-3} = 0,0031 \text{ m}$$

$$\text{Head loss (hf)} = \text{slope} \times L$$

$$= 0,0031 \times 6 \text{ m} = 0,0186 \text{ m}$$

$$\text{HL kecepatan (hv)} = \frac{v^2}{2g} = \frac{(0,8)^2}{2 \times 9,81} = 0,0326 \text{ m}$$

$$\text{HL Total} = \text{hf} + \text{hv}$$

$$= 0,0186 \text{ m} + 0,0326 \text{ m} = 0,0512 \text{ m}$$

## Zona Outlet

### Saluran Pelimpah

Direncanakan:

Pelimpah pada gutter merupakan *weir* bergerigi (*V-notch*)

$$\text{Sudut V-notch} = 90^\circ$$

$$\text{Panjang pelimpah} = 7 \text{ m}$$

$$Cd = 0,6$$

$$\text{Lebar V-Notch} = 0,35 \text{ m}$$

Perhitungan:

- Menghitung kebutuhan V-notch

Jumlah V-notch tiap saluran ( $n_{V-notch}$ )

$$N \text{ v-notch} = \frac{P \text{ pelimpah}}{W \text{ v-notch}} = \frac{7 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} = 70 \text{ buah}$$

- Debit per V-notch

Debit yang melalui V-notch

$$Q \text{ pelimpah} = \frac{Q \text{ tiap bak}}{n \text{ pelimpah}} = \frac{0,015 \text{ m}^3/\text{s}}{4} = 0,00375 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q \text{ v-notch} = \frac{Q \text{ pelimpah}}{n \text{ v-notch}} = \frac{0,00375 \text{ m}^3/\text{s}}{78} = 0,000048 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Tinggi air pada V-notch

Ketinggian air pada V-notch ( $h_{air}$ )

$$h \text{ air} = \frac{Q \text{ v-notch}}{\frac{8}{15} \times Cd \times \sqrt{2g} \times \tan \frac{90^\circ}{2}}$$

$$h_{\text{air}} = \left( \frac{0,000048 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{8}{15} \times 0,6 \times \sqrt{2 \times 9,81} \times \tan \frac{90^\circ}{2}} \right)^{\frac{2}{5}}$$

$$h_{\text{air}} = 0,02 \text{ m}$$

Tinggi V-notch ( $h_{V\text{-notch}}$ )

$$H_{V\text{-notch}} = h_{\text{air}} + h_{\text{freeboard}}$$

$$H_{V\text{-notch}} = 0,02 \text{ m} + 0,02 \text{ m}$$

$$= 0,04 \text{ m} = 4 \text{ cm}$$

### Saluran inlet dan outlet

Direncanakan:

Panjang pipa = 3 m  
 V pipa = 1 m/s  
 C (koefisien kekasaran pipa) → pipa besi = 140

$$Q \text{ tiap pipa} = \frac{Q_{\text{total}}}{\text{jumlah pipa}}$$

$$= \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ unit}} = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

Perhitungan:

- Menghitung diameter pipa

$$\text{Luas (A)} = Q / V$$

$$= 0,03 \text{ m}^3/\text{s} / 1 \text{ m/s} = 0,03 \text{ m}^2$$

$$D \text{ pipa} = \sqrt{\frac{4xA}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,03}{\pi}} = 0,195 \text{ m}$$

Digunakan pipa besi galvanis dengan ukuran diameter 190,9 mm

- Mengecek kecepatan dan headloss

$$V_{\text{cek}} = \frac{Q}{A_{\text{cek}}} = \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \times \pi \times D^2} = \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \times \pi \times (0,190\text{m})^2} = 1,06 \text{ m/s}$$

Headloss:

Mayor losses:

$$H_f \text{ pipa} = \left[ \frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L_{\text{suction}}$$

$$= \left[ \frac{30}{0,00155 \times 140 \times (19,1)^{2,63}} \right]^{1,85} \times 3$$

$$= 0,0160 \text{ m}$$

Minor losses:



$$H_f \text{ valve (1 buah, } k=0,3) = \frac{k \times v^2}{2g} = \frac{0,3 \times 1,05^2}{2 \times 9,81} = 0,0169 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss minor} &= h_v + H_f \text{ valve} \\ &= 0,056 + 0,0169 \\ &= 0,0729 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss Total} &= \text{Headloss mayor} + \text{Headloss minor} \\ &= 0,0160 \text{ m} + 0,0729 \text{ m} = 0,09 \text{ m} \end{aligned}$$

## Saluran Pelimpah

Direncanakan:

$$\text{Weir Loading Rate (WLR)} = 4 \text{ m}^3/\text{m.jam}$$

$$Q \text{ tiap bak} = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Lebar bak} = 2,3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bak} = 9,2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar gutter (}\ell\text{)} = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar gutter (s)} = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Tebal gutter (tg)} = 0,35 \text{ m}$$

$$\text{Panjang gutter} = 7 \text{ m}$$

Perhitungan:

- Panjang total weir

$$= \frac{Q}{WLR} = \frac{0,015 \text{ m}^3/\text{det}}{4 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ jam}} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ det}}} = 13,5 \text{ m}$$

- Menghitung jumlah gutter yang diperlukan (n)

$$\begin{aligned} N &= \frac{\text{panjang total weir}}{\text{panjang gutter}} : 2 \text{ sisi} \\ &= \frac{13,5 \text{ m}}{6,5 \text{ m}} : 2 = 1,038 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Jarak antar gutter} &= \frac{\text{Lebar bak} - (n(L + (2 \times 0,05)))}{(n+1)} \\ &= \frac{2,3 - (1(0,4 + (2 \times 0,05)))}{(2+1)} = 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

- Tinggi air di atas weir

$$Q \text{ tiap weir} = \frac{Q}{\text{jumlah gutter}} = \frac{0,015 \text{ m}^3/\text{s}}{2} = 0,0075 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} h &= \left( \frac{Q \text{ tiap weir}}{C \times \text{panjang gutter}} \right)^{2/3} \\ &= \left( \frac{0,0075}{1,84 \times 7} \right)^{2/3} = 0,01 \text{ m} = 1 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Tinggi air pada gutter

$$q = \frac{Q_{gutter}}{l_{gutter}} = \frac{0,015}{0,4} = 0,0375 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$yc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{0,0375^2}{9,81}} = 0,052 \text{ m}$$

Menghitung Ho dengan mengabaikan friction

$$\begin{aligned} Ho &= \left( yc^2 + \frac{2Q^2}{gl^2Yc} \right)^{0,5} \\ &= \left( 0,052^2 + \frac{2(0,015)^2}{9,81 \times 0,4^2 \times 0,052} \right)^{0,5} = 0,0906 \text{ m} = 9 \text{ cm} \end{aligned}$$

• Trial 1:

$$\begin{aligned} d &= Ho - \left( \frac{1}{3} (Ho - Yc) \right) \\ &= 0,090 - \frac{1}{3} (0,090 - 0,052) = 0,077 \text{ m} \end{aligned}$$

$$r = \frac{d \times b}{(d \times 2) + b} = \frac{0,077 \times 0,4}{(0,077 \times 2) + 0,4} = 0,055 \text{ m}$$

$$Ho = \left( Yc^2 + \frac{2Q^2}{gb^2Yc} + \frac{2}{3} \times \frac{n^2 L Q^2}{c^2 b^2 r^3 d} \right)^{0,5}$$

$$\begin{aligned} Ho &= \left( 0,052^2 + \frac{2(0,015)^2}{9,81 \times 0,4^2 \times 0,052} + \frac{2}{3} \times \frac{0,032^2 \times 7,3 \times (0,015)^2}{1^2 \times 0,4^2 \times 0,055^3 \times 0,077} \right)^{0,5} \\ &= (2,7 \times 10^{-3} + 5,51 \times 10^{-3} + 4,35 \times 10^{-3})^{0,5} \\ &= 0,112 \text{ m} \end{aligned}$$

• Trial 2:

$$\begin{aligned} d &= Ho - \left( \frac{1}{3} (Ho - Yc) \right) \\ &= 0,112 - \frac{1}{3} (0,112 - 0,052) = 0,092 \text{ m} \end{aligned}$$

$$r = \frac{d \times b}{(d \times 2) + b} = \frac{0,092 \times 0,4}{(0,092 \times 2) + 0,4} = 0,063 \text{ m}$$

$$Ho = \left( Yc^2 + \frac{2Q^2}{gb^2Yc} + \frac{2}{3} \times \frac{n^2 L Q^2}{c^2 b^2 r^3 d} \right)^{0,5}$$

$$\begin{aligned} Ho &= \left( 0,052^2 + \frac{2(0,015)^2}{9,81 \times 0,4^2 \times 0,052} + \frac{2}{3} \times \frac{0,032^2 \times 7,3 \times (0,015)^2}{1^2 \times 0,4^2 \times 0,063^3 \times 0,092} \right)^{0,5} \\ &= (2,7 \times 10^{-3} + 5,51 \times 10^{-3} + 3,04 \times 10^{-3})^{0,5} = 0,106 \text{ m} \end{aligned}$$

• Trial 3:

$$\begin{aligned} d &= Ho - \left( \frac{1}{3} (Ho - Yc) \right) \\ &= 0,106 - \frac{1}{3} (0,106 - 0,052) = 0,088 \text{ m} \end{aligned}$$

$$r = \frac{d \times b}{(d \times 2) + b} = \frac{0,088 \times 0,4}{(0,088 \times 2) + 0,4} = 0,061 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 H_o &= \left( Y_c^2 + \frac{2Q^2}{gb^2Y_c} + \frac{2}{3} \times \frac{n^2 L Q^2}{c^2 b^2 r^3 d} \right)^{0,5} \\
 H_o &= \left( 0,052^2 + \frac{2(0,015)^2}{9,81 \times 0,4^2 \times 0,052} + \frac{2}{3} \times \frac{0,032^2 \times 7,3 \times (0,015)^2}{1^2 \times 0,4^2 \times 0,061^3 \times 0,088} \right)^{0,5} \\
 &= (2,7 \times 10^{-3} + 5,51 \times 10^{-3} + 3,32 \times 10^{-3})^{0,5} \\
 &= 0,107 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$H_o + \text{freeboard} = 0,107 \text{ m} + 0,1 \text{ m} = 0,207 \text{ m} = 20,7 \text{ cm}$$

### Pompa *Scrubber*

Pompa untuk penyaluran air menuju ke *scrubber* direncanakan menggunakan pompa sentrifugal sejumlah dua unit yang bekerja secara bergantian. Air yang digunakan adalah air yang berasal dari pengolahan unit sedimentasi dan akan dialirkan ke unit *scrubber*. Penggunaan pompa ini bertujuan untuk memompa air sesuai dengan *head* yang dibutuhkan agar air dapat mengalir hingga ke unit *scrubber*.

#### Direncanakan:

- Debit = 0,03 m<sup>3</sup>/s
- Panjang pipa = 1100 m
- Kecepatan aliran = 1 m/s

#### Perhitungan:

Menghitung dimensi pipa

$$\text{Luas (A)} = \frac{Q}{v} = \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ m/s}} = 0,03 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,03}{\pi}} = 0,195 \text{ m}$$

Digunakan pipa besi galvanis dengan ukuran diameter 200 mm jenis *carbon steel pipe schedule 80*

$$V \text{ cek} = \frac{Q}{A} = \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \times \pi \times 0,20^2} = 0,96 \text{ m/s}$$

$$H_f = \left[ \frac{Q}{0,00155 \cdot C \cdot D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

$$H_f = \left[ \frac{30}{0,00155 \cdot 120 \cdot 20^{2,63}} \right]^{1,85} \times 1100 \text{ m} = 6,24 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Head pompa} &= H_f \text{ pipa} + \text{siswa tekan} \\
 &= 6,24 \text{ m} + 4,84 \text{ m} \\
 &= 11,08 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan spesifikasi pompa, pompa yang digunakan adalah centrifugal CR 95-1 A-F-A-E-HQQE didapatkan dimensi pompa untuk *scrubber* yang dapat dilihat pada Lampiran D.

#### **4.4 Analisis BOQ dan RAB**

*Bill of Quantity* (BOQ) adalah perhitungan volume dari bahan, peralatan, dan pekerjaan yang dibutuhkan dalam perencanaan, sedangkan Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan biaya yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan bahan, peralatan, maupun pekerjaan berdasarkan pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK). Analisis BOQ dan RAB yang dilakukan meliputi:

- Pembangunan unit koagulasi I dan II
- Pembangunan unit flokulasi
- Pembangunan unit sedimentasi

Pedoman yang digunakan dalam melakukan analisis BOQ dan RAB yaitu HSPK Kota Surabaya Tahun 2018. Perhitungan nilai HSPK setiap kegiatan dapat dilihat pada Lampiran E. Berikut adalah Rencana Anggaran Biaya pembangunan unit pengolahan *Treated Water* dapat dilihat pada Tabel 4.13 – Tabel 4.16.

##### **4.4.1 Pembangunan Unit Koagulasi 1**

Unit koagulasi memiliki dimensi 1,9 m x 1,9 m dengan tinggi 1,3 m. Pengadukan dilakukan secara mekanis menggunakan turbine. Hasil perhitungan volume dan biaya pembangunan unit koagulasi beserta kelengkapannya dapat dilihat pada Tabel 4.13.

**Tabel 4.13 HSPK Bangunan Unit Koagulasi 1**

<b>No</b>	<b>Uraian Pekerjaan</b>	<b>Satuan</b>	<b>Volume</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>		<b>Jumlah Harga (Rp)</b>	
<b>A Pekerjaan Persiapan</b>							
1	Pembersihan Lapangan	m2	5,76	Rp	26.748	Rp	154.070
2	Pengukuran dan Pemasangan Bowplank	m2	9,6	Rp	130.087	Rp	1.248.835
<b>Sub Total</b>						Rp	1.402.906
<b>B Pekerjaan Tanah</b>							
1	Galian Tanah Biasa	m3	5,184	Rp	131.223	Rp	680.260
2	Urugan Pasir Bawah Lantai	m3	17,856	Rp	256.730	Rp	4.584.164
<b>Sub Total</b>						Rp	5.264.424
<b>C Pembuatan pondasi</b>							
1	Pasangan pondasi batu kosong	m3	0,285	Rp	927.680	Rp	264.389

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)	
2	Pasangan pondasi batu kali 1:4	m3	0,6	Rp	1.477.455	Rp	886.473
Sub Total						Rp	1.150.862
D		Pekerjaan Dinding					
1	Pemasangan dinding batu bata	m2	2,47	Rp	457.336	Rp	1.129.619
2	Cor lantai beton bertulang (K=250)	m3	1,728	Rp	1.290.798	Rp	2.230.498
3	Pemasangan Pipa Galvanish Diameter 8"	m	6	Rp	698.059	Rp	4.188.353
Sub Total						Rp	3.360.117
E		Perlengkapan lain yang dibutuhkan					
1	Pipa inlet outlet GIP 200 mm	unit	1	Rp	3.218.450	Rp	3.218.450
2	Repair Clamp 200 mm	unit	1	Rp	1.746.212	Rp	1.746.212
3	Blind Flange 200 mm	unit	2	Rp	1.239.040	Rp	2.478.080
4	Thrust untuk tembok	unit	2	Rp	98.000	Rp	196.000

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)
5	Rotor Pengaduk	unit	3	Rp	3.900.000	Rp 11.700.000
6	Bend las 90o 200 mm	unit	2	Rp	658.762	Rp 1.317.524
7	Gate Valve 200 mm	unit	3	Rp	5.070.000	Rp 15.210.000
8	Bak Fiber 300cmx300cmx130cm	unit	1	Rp	10.100.000	Rp 10.100.000
9	Bak Fiber 150cmx150cmx70cm	unit	1	Rp	2.000.000	Rp 2.000.000
10	Pipa PVC 630 mm	unit	2	Rp	156.450	Rp 312.900
11	Ball Valve 20	unit	1	Rp	53.200	Rp 53.200
12	Las besi untuk penyangga	unit	1	Rp	300.000	Rp 300.000
Sub Total						Rp 48.632.366
<b>TOTAL</b>						Rp 59.810.674

#### 4.4.2 Pembangunan Unit Koagulasi 2

Unit koagulasi memiliki dimensi 1,23 m x 1,23 m dengan tinggi 1,3 m. Pengadukan dilakukan secara mekanis menggunakan turbine. Hasil perhitungan volume dan biaya pembangunan unit koagulasi beserta kelengkapannya dapat dilihat pada Tabel 4.14.

**Tabel 4.14 HSPK Bangunan Unit Koagulasi 2**

<b>No</b>	<b>Uraian Pekerjaan</b>	<b>Satuan</b>	<b>Volume</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>		<b>Jumlah Harga (Rp)</b>	
A Pekerjaan Persiapan							
1	Pembersihan Lapangan	m2	3,24	Rp	26.748	Rp	86.665
2	Pengukuran dan Pemasangan Bowplank	m2	7,2	Rp	130.087	Rp	936.626
Sub Total						Rp	1.023.291
B Pekerjaan Tanah							
1	Galian Tanah Biasa	m3	2,916	Rp	131.223	Rp	382.646
2	Urugan Pasir Bawah Lantai	m3	9,02664	Rp	256.730	Rp	2.317.406
Sub Total						Rp	2.700.052
C Pembuatan pondasi							
1	Pasangan pondasi batu kosong	m3	0,195	Rp	927.680	Rp	180.898



<b>No</b>	<b>Uraian Pekerjaan</b>	<b>Satuan</b>	<b>Volume</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>		<b>Jumlah Harga (Rp)</b>	
2	Pasangan pondasi batu kali 1:4	m3	0,6	Rp	1.477.455	Rp	886.473
Sub Total						Rp	1.067.370
D			Pekerjaan Dinding				
1	Pemasangan dinding batu bata	m2	1,69	Rp	457.336	Rp	772.897
2	Cor lantai beton bertulang (K=250)	m3	0,972	Rp	1.290.798	Rp	1.254.655
3	Pemasangan Pipa Galvanish Diameter 8"	m	6	Rp	698.059	Rp	4.188.353
Sub Total						Rp	6.215.906
E			Perlengkapan lain yang dibutuhkan				
1	Pipa inlet outlet GIP 200 mm	unit	1	Rp	3.218.450	Rp	3.218.450
2	Repair Clamp 200 mm	unit	1	Rp	1.746.212	Rp	1.746.212
3	Blind Flange 200 mm	unit	2	Rp	1.239.040	Rp	2.478.080

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
4	Thrust untuk tembok	unit	2	Rp 98.000	Rp 196.000
5	Rotor Pengaduk	unit	2	Rp 3.900.000	Rp 7.800.000
6	Bend las 90o 200 mm	unit	2	Rp 658.762	Rp 1.317.524
7	Gate Valve 200 mm	unit	2	Rp 5.070.000	Rp 10.140.000
8	Bak Fiber 150cmx150cmx70cm	unit	1	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000
9	Pipa PVC 630 mm	unit	1	Rp 156.450	Rp 156.450
10	Ball Valve 20	unit	1	Rp 53.200	Rp 53.200
11	Las besi untuk penyangga	unit	1	Rp 300.000	Rp 300.000
Sub Total					Rp 29.405.916
<b>TOTAL</b>					Rp 40.412.535

#### 4.4.3 Pembangunan Unit Flokulasi

Unit koagulasi memiliki dimensi panjang 6 m, lebar 3 m, dan tinggi 1,3 m. Pengadukan dilakukan secara hidrolis dengan 1 kompartemen. Hasil perhitungan volume dan biaya pembangunan unit koagulasi beserta kelengkapannya dapat dilihat pada Tabel 4.15.

**Tabel 4.15 HSPK Bangunan Pengolahan Flokulasi**

<b>No</b>	<b>Uraian Pekerjaan</b>	<b>Satuan</b>	<b>Volume</b>	<b>Harga Satuan (Rp)</b>	<b>Jumlah Harga (Rp)</b>
<b>A</b>					
Pekerjaan Persiapan					
1	Pembersihan Lapangan	m2	22,75	Rp14.950	Rp1.720.147
2	Pengukuran dan pemasangan bowplank	m2	20	Rp137.827	Rp15.858.375
Sub Total					Rp17.578.522
<b>B</b>					
Pekerjaan Tanah					
1	Galian tanah biasa	m3	20,475	Rp103.305	Rp15.194.637
2	Urugan pasir bawah pondasi	m3	60,97	Rp152.950	Rp925.042
Sub Total					Rp22.730.996
<b>C</b>					
Pembuatan pondasi					
1	Pasangan pondasi batu kosong	m3	0,9	Rp505.614	Rp2.140.567
2	Pasangan pondasi batu kali 1:4	m3	0,6	Rp856.203	Rp14.499.284
Sub Total					Rp 16.639.852

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
D	Pekerjaan Dinding				
1	Pemasangan dinding batu bata	m2	5,85	Rp 457.336	Rp 2.675.413
2	Cor lantai beton bertulang (K=250)	m3	6,825	Rp 1.290.798	Rp 8.809.694
3	Pemasangan batu bata untuk dinding sekat	m3	3,465	Rp 367.786	Rp 1.274.378
4	Pemasangan Pipa Galvanish Diameter 8"	m	6	Rp 698.059	Rp 4.188.353
Sub Total					Rp 16.947.838
TOTAL					Rp 73.897.208

#### 4.4.4 Pembangunan Unit Sedimentasi

Unit sedimentasi terdiri dari 2 unit dengan dimensi total panjang 10 m, lebar 3,67 m dan tinggi bangunan 3 m dengan kedalaman ruang lumpur 2 m. Sedimentasi direncanakan dengan *tube settler* dengan panjang 6,5 m area yang tercover dan tinggi 1,5 m. Hasil perhitungan volume dan biaya pembangunan unit sedimentasi beserta kelengkapannya dapat dilihat pada Tabel 4.16.

**Tabel 4.16 HSPK Bangunan Pengolahan Sedimentasi**

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)	
A			Pekerjaan Persiapan				
1	Pembersihan Lapangan	m2	43,785	Rp	26.748	Rp	1.171.175
2	Pengukuran dan Pemasangan Bowplank	m2	29,34	Rp	130.087	Rp	3.816.753
Sub Total						Rp	4.987.928
B			Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah Biasa	m3	148,869	Rp	131.223	Rp	19.535.027
2	Urugan Pasir Bawah Lantai	m3	109,244	Rp	256.730	Rp	28.046.063
Sub Total						Rp	47.581.090
C			Pembuatan pondasi				
1	Pasangan pondasi batu kosong	m3	1,5	Rp	927.680	Rp	1.391.520
2	Pasangan pondasi batu kali 1:4	m3	0,6	Rp	1.477.455	Rp	886.473
Sub Total						Rp	2.277.993

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)	
D	Pekerjaan Dinding						
1	Pembesian dengan besi polos	kg	10,2	Rp	457.336	Rp	4.664.823
2	Pemasangan bekisting untuk sloof	m2	1,728	Rp	1.290.798	Rp	2.230.498
3	Cor sloof beton bertulang (K=250)	m3	0,6	Rp	1.398.974	Rp	839.384
4	Pemasangan bekisting untuk kolom	m2	72	Rp	468.774	Rp	33.751.732
5	Cor beton untuk kolom	m3	0,76005	Rp	1.398.974	Rp	1.063.290
6	Pemasangan bekisting untuk dinding	m2	177,485	Rp	457.336	Rp	81.170.340
7	Cor beton untuk dinding	m3	118,324	Rp	1.398.974	Rp	165.531.492
8	Pemasangan bekisting untuk lantai	m2	30,024	Rp	468.774	Rp	14.074.472
9	Cor beton untuk lantai	m3	20,016	Rp	1.398.974	Rp	28.001.855
10	Pemasangan Pipa Galvanish Diameter 8"	m	6	Rp	698.059	Rp	4.188.353

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)	
Sub Total						Rp	335.516.239
E	Perlengkapan lain yang dibutuhkan						
1	Tube settler tinggi 1,5 m	m	13	Rp	145.000	Rp	1.885.000
2	Gutter fiberglass	unit	4	Rp	1.746.212	Rp	6.984.848
3	Pipa penguras lumpur PVC 63 mm	unit	2	Rp	1.239.040	Rp	2.478.080
Sub Total						Rp	7.442.742
Total						Rp	397.805.992

#### 4.4.5 Rekapitulasi Total Biaya Pembangunan dan Operasional

Adapun rekapitulasi total biaya pembangunan unit pengolahan *Treated Water* dan total biaya operasional per tahun dapat dilihat pada Tabel 4.17 dan Tabel 4.18.

**Tabel 4.17 Total Biaya Pembangunan**

No	Kegiatan	Biaya
1	Pembangunan Unit Koagulasi 1	Rp 59.810.674
2	Pembangunan Unit Koagulasi 2	Rp 40.412.535
3	Pembangunan Unit Flokulasi	Rp 73.897.208
4	Pembangunan Unit Sedimentasi	Rp 397.805.992
	Total Biaya	Rp 571.926.410

**Tabel 4. 18 Total Biaya Operasional per Tahun**

No	Kegiatan	Biaya
1	Kebutuhan Koagulan	Rp 2.617.161.360 s.d Rp 3.001.720.700



## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan percobaan dan analisis yang telah dilakukan, dapat dibuat kesimpulan sementara bahwa:

1. Dosis optimum penambahan koagulan utama aluminium sulfat pada percobaan *jar test* untuk mengolah *Treated Water* menjadi *raw water* dalam proses *scrubbing* adalah 50 mg/L – 60 mg/L.
2. Dosis optimum penambahan koagulan kapur aktif pada percobaan *jar test* untuk mengolah *Treated Water* menjadi *raw water* dalam proses *scrubbing* adalah 50 mg/L – 60 mg/L.
3. Dihasilkan dimensi unit pengolahan *Treated Water* dengan 2 unit koagulasi, 1 unit flokulasi, dan 2 unit sedimentasi masing-masing mempunyai volume efektif 4,7 m<sup>3</sup> untuk unit koagulasi 1, 2,2 m<sup>3</sup> untuk unit koagulasi 2, 23,4 m<sup>3</sup> untuk unit flokulasi, 120 m<sup>3</sup> untuk 2 unit sedimentasi. Biaya yang diperlukan untuk pembangunan Rp 571.926.410 serta untuk biaya operasional berada dalam *range* Rp. Rp 2.617161.360 s.d. Rp 3.001.720.700/tahun.

### **5.2 Saran**

1. Perlu dilakukan pengukuran alkalinitas agar mengetahui jumlah kapasitas air untuk menetralkan tambahan asam tanpa penurunan nilai pH larutan.
2. Perlu  *Holding Tank* pada air influen untuk menjamin karakteristik air influen yang lebih homogen, mengingat proses yang diusulkan memerlukan konsentrasi koagulan yang sensitive terhadap kualitas air yang diolah.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustira, R., Lubis, K.S., Jamilah. 2013. Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. **Jurnal Online Agroekoteknologi**. 1(3): 2337- 6597.
- Alaerts, G. 1984. **Metoda Penelitian Air**. Surabaya: Usaha Nasional.
- Amirtharajah, A., Mills K.M. 1982. **Rapid Mix Designs for Mechanisms of Alum Coagulation**. **Journal of The American Water Works Association**. 74(4): 210 – 216.
- APHA, AWWA, WCF. 1980. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20<sup>th</sup> ed. American Public Health Association. Washington DC.
- Arum, G. S. 2018. **Recovery Ion Ammonium dan Fosfat dari Air Limbah PT Petrokimia Gresik dengan Proses Elektrodialisis**. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Ayu, A. P dan Suci, A. C. P. W. 2017. **Evaluasi Pengolahan Limbah Cair pada Unit Equalizer PT Petrokimia Gresik**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Azamia, M. 2012. **Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia dalam Penurunan Kadar Organik serta Logam Berat Fe, Mn, Cr dengan Metode Koagulasi dan Adsorpsi**. Depok: Universitas Indonesia.
- Benefield, L.D., dan Morgan, J.M. 1999. **Water Quality and Treatment – A Handbook of Community Water Supplies (5<sup>th</sup> edition)**. New York: McGraw-Hill.
- Bratby, J. 2016. **Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment (3<sup>rd</sup> Edition)**. London: IWA Publishing.
- Budiman, A. 2008. Kinerja Koagulasi Poly Aluminium Chloride (PAC) dalam Penjernihan Air Sungai Kalimas Surabaya Menjadi Air Bersih. **Widaya Teknik**. 7(1): 25-34.
- Crittenden, J. C. Et al., 2012. **MWH's Water Treatment: Principles and Design (3<sup>rd</sup> Edition)**. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Eckenfelder, W.W. 1989. **Industrial Water Pollution Control**

- (2<sup>nd</sup> Edition). New York: McGraw-Hill.
- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**. Yogyakarta: Kanisius.
- Fardiaz F. 2006. **Polusi Air dan Udara**. Yogyakarta: Kanisius.
- Fatimah, A., Harmadi, Wildian. 2014. Perancangan Alat Ukur TSS (Total Suspended Solid) Air Menggunakan Sensor Serat Optik Secara Real Time. **Jurnal Ilmu Fisika** 6(2): 1979-4657.
- Faust, S.D dan Aly, O.M. 1998. **Chemistry of Water Treatment**. USA: Lewis Publisher.
- Fitria, N.N., 2011. **Analisa Outlet Proses Pengolahan Limbah Cair Di Unit Effluent Treatment dan Advanced Treatment Pabrik III PT Petrokimia Gresik Jawa Timur** (Doctoral dissertation, Universitas Sebelas Maret).
- Gatti A, Camargo L.B., Imparato J.C., Mendes F.M., and Raggio D.P. 2011 **Combination Effect of Fluoride Dentifrices and Varnish on Deciduous Enamel Demineralization**. **Brazilian Oral Research**. 25(1): 433–438.
- Hammer, M.J. 1986. **Water and Wastewater Technology**. New Jersey: Prentice Hall International Inc.
- Hanani, K.R. dan Muhammad, A.F. 2014. **Studi Pengolahan Limbah Cair Unit Produksi III PT Petrokimia Gresik**. Surabaya: Kerja Praktik Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
- Hartati, A., Karnaningrum, N. 1993. **Pengaruh Kation Valensi Dua (Ca<sup>2+</sup>) pada Pengaruh Degradasi Anaerobik Buangan Organik Terlarut**. Surabaya: Laporan Penelitian Program Studi Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
- Husaini., Cahyono, S.S., Suganal., dan Hidayat, K.N. 2018. Perbandingan Koagulasi Hasil Percobaan dengan Koagulan Komersial Menggunakan Metode *Jar test*. **Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara**. 14(1) : 31-45.
- Indriyanti dan Diyono. 2011. Pengolahan Efluen Reaktor Fixed Bed Secara Koagulasi. **Jurnal Teknik Lingkungan** 12(3): 277-282.
- Iswarani, W.P. 2018. **Recovery Fosfat Dari Limbah Cair Industri Pupuk Menggunakan Teknik Presipitasi dan**

- Penambahan Aerasi.** Surabaya: Tugas Akhir Departemen Teknik Lingkungan ITS.
- Jenie, B.S.L dan Winiarti P.R. 1993. **Pengendalian Limbah Industri Pangan.** Yogyakarta: Kanisius.
- Jiao, R., Hui X., Weiyang X., Xiaofang Y., Donghseng W. 2015. Influence of Coagulation Mechanisms on The Residual Aluminium – The Roles of Coagulant Species and MW of Organic Matter. **Journal of Hazardous Materials.** 290: 16–25.
- Kau, P. M., Smith, D. W., and Binning, P. 1998. **Experimental Sorption of Fluoride by Kaloite and Bentonite.** *Geoderma* 84: 89-108.
- Kencanawati. 2007. **Studi Kemampuan Spray Tower untuk Penyisihan Polutan Gas Dari Pembakaran Bahan Bakar Industri.** Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Khairumizan, P. 2008. **Studi Eksperimental Implementasi Venturi Scrubber Pada Sistem Gasifikasi Batubara.** Depok: Universitas Indonesia.
- Kristijarti, A.P., Suharto, I. and Marieanna, M., 2013. Penentuan Jenis Koagulan dan Dosis Optimum untuk Meningkatkan Efisiensi Sedimentasi dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Jamu X. **Research Report-Engineering Science**, 2.
- Ku, Y., Chiou, H. M. 2002. The Adsorption of Fluoride Ion From Aqueous Solution by Activated Alumina. **Water, Air, and Soil Pollution** 133: 349-360.
- Kurniati, E., Haji, A.T.S. and Renaningtyas, A.P., 2019. Environmental Management Accounting (EMA) Pada Unit Urea PT Petrokimia Gresik. **Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan.** 5(3): 15-20.
- Kusmayanti, A dan Febriyani, W. 2013. **'Pengelolaan Limbah Cair Unit Produksi III PT Petrokimia Gresik.** Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lampiran Surat Menteri Lingkungan Hidup No.B-2097/MENLH/04/2004 tentang **Penetapan Kriteria Air Limbah bagi Kompleks Industri PT Petrokimia Gresik.**

- Lofrano, G., Belgiorno, V., Gallo, M., Raimo A., Meric, S. 2006. Toxicity Reduction in Leather Tanning Wastewater by Improved Coagulation Flocculation Process. **Global NEST Journal**. 8(8):151 – 158.
- Margaretha, Mayasari, R., Syaiful dan Subroto. 2012. Pengaruh Kualitas Air Baku Terhadap Dosis dan Biaya Koagulan Aluminium Sulfat dan *Polyaluminium Chloride*. **Jurnal Teknik Kimia**. 18(4) : 21-30.
- Masduqi, A dan Abdu F.A. 2016. **Operasi dan Proses Pengolahan Air Edisi Kedua**. Surabaya: ITS Press.
- Meenakshi, Maheshwari, R.C. 2006. **Fluoride in Drinking Water and Its Removal**. Journal of Hazardous Materials 137:456-463.
- Metcalf and Eddy Inc. 2003. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse, fourth ed**. India: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Mulia, R. M. 2005. **Pengantar Kesehatan Lingkungan**. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Nansubuga, I., Banadda, N., Babu, M., Verstraete, W. and Van de Wiele, T. 2013. Effect Of Polyaluminium Chloride Water Treatment Sludge On Effluent Quality Of Domestic Wastewater Treatment. **African Journal of Environmental Science and Technology**. 7(4): 145–152.
- Notoatmodjo, S. 2003. **Ilmu Kesehatan Masyarakat Prinsip-Prinsip Dasar**. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Nuryani, E.E. 2016. **Optimalisasi Penggunaan Poly Alumunium Chloride dan Aquaklir pada Proses Koagulasi dan Flokulasi dalam Pengolahan Air Limbah Penambangan di PT. Cibaliung Sumberdaya Kabupaten Pandeglang Provinsi Banten**. Bandung: Universitas Islam Bandung.
- Palar, Heryando. 2008. **Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat**. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 tentang **Kriteria Limbah Cair Bagi Industri dan/atau Kegiatan Industri lainnya di Jawa Timur**.

- Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang **Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.**
- Pratama, R.R.P. 2015. **Recovery Amonium dan Fosfat Limbah Cair PT Petrokimia Gresik Melalui Proses Presipitasi Menggunakan Magnesium.** Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
- Purba, D.A.S. 2010. **Analisa Simulasi Performansi Wet Scrubber Terhadap Filtrasi Partikel 1 - 10 $\mu$ m Pada Instalasi Insinerator Limbah Rumah Sakit.** Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Qasim, S.R, Motley, & Zhu, G. 2000. **Water Works Engineering: Planing, Design, and Operation.** London: Prentice-Hall.
- Rabosky, J. G. and Miller, J.P. 1974. Fluoride Removal by Lime Precipitation and Alum and Polyelectrolyte Coagulation. **Proceedings of the 29<sup>th</sup> Purdue Industrial Waste Conference**, 670.
- Ravina, L. 1993. **Everything You Want to Know About Coagulation and Flocculation, Zeta Meter.** Virginia: Inc. Staunton.
- Reynolds, Tom D., dan Richards, P.A. 1996. **Unit Operations and Processes in Environmental Engineering (2<sup>nd</sup> Edition).** Boston: PWS Publishing Company.
- Risdianto, D. 2007. **Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. Sido Muncul).** Semarang: Program Pascasarjana Universitas Diponegoro
- Riskianto, H., Prehatin T.N., Ellyke. 2016. **Perbedaan Kadar Fluor pada Air Sumur Gali Setelah Pemberian Kapur (CaO) dan Aluminium sulfat (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) (Studi di Desa Gudang Kecamatan Asembagus tandiar Kabupaten Situbondo).** Jember: Universitas Jember.
- Riskawanti, Honesty, L.B., Irawan, C dan Taruna, A. 2016. Pengolahan Limbah Perendaman Karet Rakyat dengan Metode Koagulasi dan Flokulasi Menggunakan Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, FeCl<sub>3</sub>, dan PAC. **Biopropal Industri.** 7(1) : 17 – 25.

- Sari, L.K., Safni, dan Zilfa. 2012. Degradasi Senyawa Sipermetrin dalam Insektisida Ripcord 5 EC Secara Fotolisis dengan Penambahan TiO<sub>2</sub>/Zeolit. **Jurnal Kimia Unand**. 1(1): 76 – 81.
- Sari, N.R., Sunarto, dan Wiryanto. 2015. Analisis Komparansi Kualitas Air Limbah Domestik berdasarkan Parameter Biologi, Fisika, dan Kimia di IPAL Semanggi dan IPAL Mojosongo Surakarta. **Jurnal Ekosains**. 7(2): 62-74.
- Sarwono, E., Khairunnisa R.A., Yuniarto, S. 2017. **Penurunan Parameter Kekeruhan, TSS, dan TDS dengan Variasi Unit Flokulasi**. 1(2): 8 – 14.
- Sastrawijaya, A. T. 2000. **Pencemaran Lingkungan**. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sawyer, C.N., McCarty, P.L., and Parkin, G.F. 2003. **Chemistry for Environmental and Engineering and Science**. New York: McGraw-Hill.
- Schulz, C.R. and Okun, D.A. 1984. **Surface Water Treatment for Communities in Developing Countries**. New York: John Wiley&Sons.
- Sianita, D., Nurchayati, I. S. 2009. Kajian Pengolahan Limbah Cair Industri Batik, Kombinasi Aerob – Anaerob Dan Penggunaan Koagulan Tawas. **Seminar Penelitian Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro**.
- Silaban, D.S., Sulistyani, dan Rahardjo, M. 2017. Efektivitas Variasi Dosis Ferri Klorida (FeCl<sub>3</sub>) sebagai Koagulan dalam Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) pada Air Lindi TPA Jatibarang Semarang. **Jurnal Kesehatan Masyarakat**. 5(1): 438-443.
- Spellman, Frank R. 2009. **Water and Wastewater Treatment Plant Operations**. CRC Press. Boca Raton.
- Steel, E.W, McGhee. 1985. **Water Supply and Sewerage**. New York: McGraw- Hill Inc.
- Strock, T.W. and Gohara W.F 1994. Experimental Approach and Techniques for The Evaluation of Wet Flue Gas Desulfurization Scrubber Fluid Mechanics. **Chemical Engineering Science**. 49(24A): 4667 – 4679.r
- Subari, D. 2014. Effectiveness of Liquid Waste Management in Plywood Industry in South Kalimantan. **IOSR Journal of**



- Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)**. 8(5): 28-33.
- Subari, D., Udiansyah, Yanuwiyadi, B., dan Setiawan, B. 2012. Efektifitas Pengelolaan Limbah Cair pada Industri Kayu Lapis di Kalimantan Selatan. **Jurnal Buana Sains**. 12(1): 99-108.
- Suharto. 2010. **Limbah Kimia dalam Pencemaran Air dan Udara**. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Suryadiputra, I.N.N. 1995. **Pengolahan Air Limbah dengan Metode Kimia (Koagulasi dan Flokulasi)**. Bogor : IPB.
- Susana, T. 2009. Tingkat Keasaman (pH) dan Oksigen Terlarut Sebagai Indikator Kualitas Perairan Sekitar Muara Sungai Cisadane. **Jurnal Teknologi Lingkungan**, 5(2): 33-39.
- Sutapa, IDA. 2014. Optimalisasi Dosis Koagulan Aluminium Sulfat dan Polialuminium Klorida (PAC) untuk Pengolahan Air Sungai Tanjung dan Krueng Raya. **Jurnal Teknik Hidraulik**. 5(1): 29-42.
- Sutiyono. 2006. **Pemanfaatan Bittern sebagai Koagulan pada Limbah Cair Industri Kertas**. dalam Jurnal Teknik Kimia UPN "Veteran" Jawa Timur 1(1): 24-46.
- Tandiarrang, J., Shalaho, D.V., Tommy, T. 2016. Studi Perbandingan Penggunaan Aluminium sulfat ( $Al_2(SO_4)_3$ ) dan Kapur Padam ( $Ca(OH)_2$ ) pada Pengolahan Air Asam Tambang di PT Kaltim Diamond Coal Kecamatan Loa Kulu Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. **Jurnal Teknologi Mineral**. 4(1): 23-30. Samarinda: Universitas Mulawarman.
- Trisnaningtyas, R., Lutfiana R. Z. Z. 2016. **Candal Produksi Departemen Produksi II B PT Petrokimia Gresik**. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Vogel. 1985. **Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro**. Diterjemahkan oleh Setiono, L dan Pudjaatmaka. Jakarta: PT Kalman Media Pustaka.
- Wagiman dan Desy, S. 2014. **Modul Praktikum Pengendalian Limbah Industri**. Yogyakarta: Jurusan Teknologi Industri Pertanian FTP UGM.
- Zulius, A. 2017. Rancang Bangun Monitoring pH Air Menggunakan Soil Moisture Sensor di SMK N 1 Tebing

Tinggi Kabupaten Empat Lawang. **Jurnal Sistem Komputer**. 2(1): 37-43. Lubuklinggau: STMIK MUSIRAWAS.

**LAMPIRAN A**  
**PROSEDUR ANALISIS**  
**LABORATORIUM**

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## LAMPIRAN A

### PROSEDUR ANALISIS LABORATORIUM

#### Analisis COD

Pembuatan reagen:

- a. Pembuatan larutan  $K_2Cr_2O_7$  0,1 N.
  - Letakkan serbuk  $K_2Cr_2O_7$  dalam oven selama 24 jam.
  - Timbang 4,9 gram  $K_2Cr_2O_7$ , larutkan dengan aquades hingga 1000 mL.
- b. Pembuatan larutan FAS 0,1 N
  - Timbang 39,2 gram  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ . Tambahkan dengan 8 mL  $H_2SO_4$  pekat.
  - Larutkan dengan aquades hingga 1000 mL menggunakan labu pengencer.
- c. Larutan  $Ag_2SO_4$ 
  - Timbang 10 g  $Ag_2SO_4$  dan dilarutkan dengan 1L  $H_2SO_4$ .
- d. Larutan indikator ferroin
  - Timbang 1,485 gram *ortho-penanthroline* dan 0,695 gram  $FeSO_4 \cdot H_2O$  ditambahkan aquades hingga batas dengan labu pengencer 100 mL.

Prosedur kerja:

1. Ambil 1 mL sampel limbah diencerkan dengan aquades hingga 10-100 kali pengenceran.
2. Ambil 2,5 mL sampel dan dimasukkan ke tabung vial COD.
3. Tambahkan 1,5 mL  $K_2Cr_2O_7$ .
4. Tambahkan 2,5 mL  $Ag_2SO_4$ .
5. Tutup tabung COD.
6. Masukkan tabung vial COD ke digester selama 2 jam ( $150^\circ C$ ).
7. Tunggu hingga dingin.
8. Tambahkan indikator ferroin 1-2 tetes.
9. Titrasi dengan FAS hingga warna merah bata.
10. Hitung dengan rumus sebagai berikut:

$$COD \text{ (mg/L)} = \frac{(A-B) \times N \times 8000 \times P}{\text{volumen sampel}}$$

Keterangan:

- A = mL FAS titrasi blanko      N = Normalitas larutan FAS  
B = mL FAS titrasi sampel      P = Nilai pengenceran

### **Analisis TSS**

Prosedur kerja:

1. Ambil 25 mL sampel, letakkan pada *beaker glass* 100 mL.
2. Timbang kertas saring dan cawan porselen secara bergantian.
3. Ambil kertas saring, basahi dengan aquades.
4. Letakkan kertas saring di atas penyaring *vacuum pump*. Tempatkan *vacuum pump* pada keadaan yang seharusnya.
5. Tuangkan air sampel ke dalam corong *vacuum pump* hingga setengah bagian dari corong bagian bawah.
6. Nyalakan *vacuum pump*, dengan menambahkan air sampel sedikit demi sedikit. Matikan ketika air di atas kertas saring dalam *vacuum pump* sudah habis.
7. Ambil kertas saring dan letakkan di dalam cawan porselen.
8. Masukkan ke dalam oven 105°C selama 60 menit.
9. Keluarkan dari oven dan masukkan ke dalam desikator selama 15 menit.
10. Keluarkan dari desikator dan timbang dengan neraca analitik.
11. Analisis hasil dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(a-b)}{c} \times 1000 \times 1000$$

Keterangan

a = cawan dan residu setelah dioven 105°C

b = cawan kosong

c = volume sampel

### **Analisis Kekерuhan**

Prosedur kerja:

1. Nyalakan turbidimeter.
2. Masukkan blanko aquades ke dalam tabung turbidimeter dan set zero (0).
3. Ganti larutan blanko dengan larutan air sampel pada tabung, tekan *read* untuk membaca nilai kekeruhan yang dihasilkan (NTU).
4. Catat angka yang dihasilkan.

### **Analisis pH**

Prosedur kerja:

1. Nyalakan pH meter.

2. Cuci *probe* dengan aquades.
3. Masukkan *probe* ke sampel air limbah, tunggu hingga stabil dan baca nilai pH.
4. Cuci *probe* dengan aquades hingga bersih dan masukkan *probe* ke larutan KCl (buffer pH 4) sebagai penyimpanan.

### **Analisis F**

Pembuatan larutan stok fluorida:

Percoobaan ini menggunakan NaF sebagai reagen untuk pembuatan fluorida.

Konsentrasi larutan stok fluorida yang diinginkan adalah 1000 mg/L, maka dari itu perhitungan jumlah NaF yang dibutuhkan untuk membuat fluorida dengan konsentrasi yang diinginkan adalah sebagai berikut:

$$F = \frac{BM \ NaF}{BM \ F} \times 1000 \text{ mg/L} = \frac{22,99+19,00}{19,00} \times 1000 \text{ mg} = \frac{2210 \text{ mg}}{L} = 2,21 \text{ g/L}$$

Dari perhitungan di atas, maka didapatkan konsentrasi F dalam larutan adalah 1000 mg/L. Larutan tersebut kemudian digunakan sebagai larutan utama untuk pembuatan larutan fluorida.

Untuk menggunakan larutan di atas, dapat dilakukan pengenceran sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan. Untuk membuat 100 mg/L dapat dilakukan pengenceran sebagai berikut:

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

Dengan:

$N_1$  = konsentrasi awal larutan

$V_1$  = Volume awal larutan

$N_2$  = Konsentrasi yang diinginkan

$V_2$  = Volume limbah akhir

Maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$1000 \text{ mg/L} \times N_1 = 100 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$N_1 = \frac{5000}{1000} = 5 \text{ mL}$$

Jadi, volume larutan fluorida 1000 mg/L yang dibutuhkan untuk membuat larutan fluorida 100 mg/L adalah 5 mL.

Analisis ini menggunakan larutan standar fluoride yang kemudian ditambahkan larutan SPADNS dan larutan asam zirkonil ke dalamnya.

Pembuatan larutan standar F:

Larutan standar F<sup>-</sup> adalah larutan stok fluorida 1000 mg/L yang telah diencerkan dengan aquades. Besarnya pengenceran bergantung dengan konsentrasi fluorida yang dibutuhkan. Pada percobaan kali ini konsentrasi fluorida adalah sebesar 0,3 mg/L untuk sampel, untuk membuat kurva kalibrasi digunakan konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 mg/L.

Pengenceran dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

Dengan:

N<sub>1</sub> = konsentrasi awal larutan

V<sub>1</sub> = Volume awal larutan

N<sub>2</sub> = Konsentrasi yang diinginkan

V<sub>2</sub> = Volume limbah akhir

Pembuatan larutan SPADNS:

Larutan SPADNS dibuat dengan cara melarutkan serbuk SPADNS sebanyak 958 mg yang dilarutkan ke dalam aquades hingga volumenya 500 mL.

Pembuatan larutan asam zirkonil:

Larutan asam zirkonil dibuat dengan cara melarutkan 133 mg serbuk ZrOCl<sub>2</sub> ke dalam 25 mL aquades, kemudian ditambahkan dengan 350 mL HCl pekat dan dilarutkan lagi dengan aquades hingga 500 mL.

Kebutuhan asam zirkonil ini jumlahnya sama dengan larutan SPADNS, 5 mL per 50 mL sampel yang akan diukur konsentrasinya. Hal ini didasarkan pada *standard method* yang menyebutkan perbandingan kebutuhan asam zirkonil dengan SPADNS adalah sebanding.

### **Kalibrasi F**

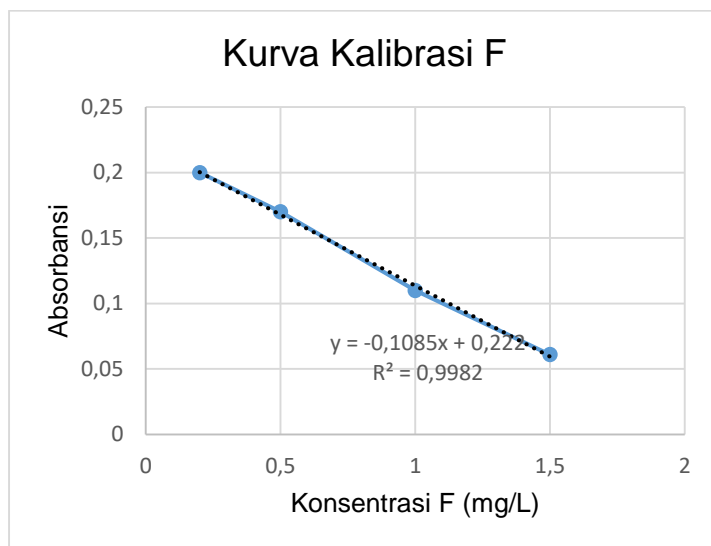
Larutan standar fluorida ditentukan konsentrasinya terlebih dahulu. Konsentrasi yang dipilih adalah 0,2 mg/L; 0,5 mg/L; 1 mg/L; 1,5 mg/L; dan 2 mg/L. Untuk larutan standar F dengan



konsentrasi 0 mg/L, dibuat dengan cara melarutkan 10 mL larutan SPADNS dengan aquades hingga volumenya 100 mL. Larutan SPADNS tersebut kemudian ditambahkan dengan 7 mL HCl pekat yang telah ditambahkan 3 mL aquades sebelumnya. Kalibrasi dilakukan pada panjang gelombang 550 nm.

**Tabel A. 1 Hasil Pengukuran Kalibrasi Fluorida**

Konsentrasi	Absorbansi
0,2	0,2
0,5	0,17
1	0,11
1,5	0,061
2	0,01



**Gambar A.1 Grafik Kalibrasi Fluorida**



**LAMPIRAN B**  
**HASIL ANALISIS**  
**LABORATORIUM**



## Hasil Uji Sampel Pertama

### 1. Parameter TSS

**Tabel B.1 Hasil Penimbangan Sampel Pertama**

	<b>Berat Cawan + Kertas Saring Sebelum Dioven</b>	<b>Berat Cawan + Kertas Saring Setelah Dioven</b>
Tawas + Kapur Aktif 60 mg/L	32,5638	32,5656
Tawas + Kapur Aktif 80 mg/L	27,939	27,9407
Tawas + Kapur Aktif 100 mg/L	33,4094	33,4107
Tawas + Kapur Aktif 120 mg/L	34,6605	34,6617
Tawas + Kapur Aktif 140 mg/L	29,1125	29,1146
Tawas + Kapur Aktif 160 mg/L	28,2004	28,2016
Tawas + PAC 60 mg/L	43,1717	43,1732
Tawas + PAC 80 mg/L	30,7669	30,768
Tawas + PAC 100 mg/L	32,7978	32,799
Tawas + PAC 120 mg/L	30,5978	30,5994
Tawas + PAC 140 mg/L	31,5308	31,5326
Tawas + PAC 160 mg/L	34,256	34,3697

## 2. Parameter COD

**Tabel B.2 Hasil Titration COD Sampel Pertama**

Jenis	mL Titration COD	Hasil COD
Blanko Aquadest	1,7	
Tawas + Kapur Aktif 60 mg/L	0,9	32
Tawas + Kapur Aktif 80 mg/L	1,1	24
Tawas + Kapur Aktif 100 mg/L	1,3	16
Tawas + Kapur Aktif 120 mg/L	1,3	16
Tawas + Kapur Aktif 140 mg/L	1,2	20
Tawas + Kapur Aktif 160 mg/L	1	28
Tawas + PAC 60 mg/L	1,2	20
Tawas + PAC 80 mg/L	1,3	16
Tawas + PAC 100 mg/L	1,5	8
Tawas + PAC 120 mg/L	1,4	12
Tawas + PAC 140 mg/L	1,3	16
Tawas + PAC 160 mg/L	1,2	20

## 3. Parameter F

**Tabel B.3 Hasil Pengukuran F Sampel Pertama**

Jenis	Absorbansi	Hasil F
Tawas + Kapur Aktif 60 mg/L	0,089	12,38946378

<b>Jenis</b>	<b>Absorbansi</b>	<b>Hasil F</b>
Tawas + Kapur Aktif 80 mg/L	0,094	11,9190969
Tawas + Kapur Aktif 100 mg/L	0,133	8,250235183
Tawas + Kapur Aktif 120 mg/L	0,182	3,640639699
Tawas + Kapur Aktif 140 mg/L	0,157	5,99247413
Tawas + Kapur Aktif 160 mg/L	0,128	8,72060207
Tawas + PAC 60 mg/L	0,052	15,8701787
Tawas + PAC 80 mg/L	0,105	10,8842897
Tawas + PAC 100 mg/L	0,12	9,47318908
Tawas + PAC 120 mg/L	0,179	3,92285983
Tawas + PAC 140 mg/L	0,146	7,02728127
Tawas + PAC 160 mg/L	0,102	11,1665098

Hasil Uji Sampel Kedua

1. Parameter TSS

**Tabel B.4 Hasil Penimbangan Sampel Kedua**

	<b>Berat Cawan + Kertas Saring Sebelum Dioven</b>	<b>Berat Cawan + Kertas Saring Setelah Dioven</b>
Tawas + Kapur Aktif 60 mg/L	33,4886	33,4929
Tawas + Kapur Aktif 80 mg/L	30,8388	30,8429
Tawas + Kapur Aktif 100 mg/L	29,1962	29,199

	<b>Berat Cawan + Kertas Saring Sebelum Dioven</b>	<b>Berat Cawan + Kertas Saring Setelah Dioven</b>
Tawas + Kapur Aktif 120 mg/L	28,0044	28,0071
Tawas + Kapur Aktif 140 mg/L	32,6472	32,6495
Tawas + Kapur Aktif 160 mg/L	34,3328	34,335
Tawas + PAC 60 mg/L	32,8774	32,88
Tawas + PAC 80 mg/L	28,2757	28,2789
Tawas + PAC 100 mg/L	31,6071	31,61
Tawas + PAC 120 mg/L	43,2445	43,2473
Tawas + PAC 140 mg/L	30,6689	30,6714
Tawas + PAC 160 mg/L	34,7357	34,738

## 2. Parameter COD

**Tabel B.5 Hasil Titrasi COD Sampel Kedua**

<b>JENIS</b>	<b>mL Titrasi COD</b>	<b>HASIL COD</b>
Blanko Aquadest	1,8	0
Sampel Setelah Diberi CaCO <sub>3</sub>	0,9	36
Tawas + Kapur Aktif 60 mg/L	1,2	24
Tawas + Kapur Aktif 80 mg/L	1,3	20
Tawas + Kapur Aktif 100 mg/L	1,3	20



<b>JENIS</b>	<b>mL Titrasi COD</b>	<b>HASIL COD</b>
Tawas + Kapur Aktif 120 mg/L	1,5	12
Tawas + Kapur Aktif 140 mg/L	1,4	16
Tawas + Kapur Aktif 160 mg/L	1,2	24
Tawas + PAC 60 mg/L	1,3	20
Tawas + PAC 80 mg/L	1,3	20
Tawas + PAC 100 mg/L	1,5	12
Tawas + PAC 120 mg/L	1,6	8
Tawas + PAC 140 mg/L	1,4	16
Tawas + PAC 160 mg/L	1,3	20

### 3. Parameter F

**Tabel B. 6 Hasil Pengukuran F Sampel Kedua**

<b>JENIS</b>	<b>ABSORBANSI</b>	<b>HASIL F</b>
Tawas + Kapur Aktif 60 mg/L	0,013	19,53904045
Tawas + Kapur Aktif 80 mg/L	0,031	17,84571966
Tawas + Kapur Aktif 100 mg/L	0,064	14,74129821
Tawas + Kapur Aktif 120 mg/L	0,123	9,190968956
Tawas + Kapur Aktif 140 mg/L	0,093	12,01317027
Tawas + Kapur Aktif 160 mg/L	0,078	13,42427093

<b>JENIS</b>	<b>ABSORBANSI</b>	<b>HASIL F</b>
Tawas + PAC 60 mg/L	0,043	16,71683913
Tawas + PAC 80 mg/L	0,073	13,89463782
Tawas + PAC 100 mg/L	0,09	12,2953904
Tawas + PAC 120 mg/L	0,103	11,0724365
Tawas + PAC 140 mg/L	0,077	13,51834431
Tawas + PAC 160 mg/L	0,06	15,11759172

**LAMPIRAN C**  
***DETAIL ENGINEERING***  
***DESIGN (DED)***

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

# **LAMPIRAN D**

## **SPESIFIKASI POMPA**



**LAMPIRAN E**  
**ANALISIS HSPK**

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



## Analisis HSPK

Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) merupakan harga komponen kegiatan fisik/non fisik melalui analisis yang distandarkan untuk setiap jenis komponen kegiatan dengan menggunakan Standar Harga Satuan Dasar sebagai elemen penyusunannya. Dalam melakukan perhitungan anggaran biaya yang dibutuhkan, maka terlebih dahulu dilakukan analisis harga satuan. Pada perencanaan ini analisis harga diperoleh dari HSPK Kota Surabaya Tahun 2018 yang disesuaikan dengan pekerjaan yang dibutuhkan. Adapun analisis harga satuan yang digunakan untuk pekerjaan pembangunan Pengolahan *Treated Water* adalah sebagai berikut:

**Tabel E.1 HSPK Bangunan Pengolahan Treated Water**

No	Nama Kegiatan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	<b>Pekerjaan Persiapan Pembuatan Bowplank/Titik</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,010082	O.H	Rp 171.000	Rp 1.724
	Kepala Tukang/Mandor	0,004537	O.H	Rp 171.000	Rp 776
	Tukang	0,100895	O.H	Rp 156.000	Rp 15.740
	Pembantu Tukang	0,100963	O.H	Rp 145.000	Rp 14.640
<b><u>Bahan Material</u></b>					

<b>No</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga Satuan</b>	<b>Harga</b>
	Paku biasa 2 - 5 inchi	0,05	doz	Rp 29.100	Rp 1.455
	Kayu Meranti Usuk 4/6, 5/7	0,012	m3	Rp 4.188.000	Rp 50.256
	Kayu Meranti Bekisting	0,008	m3	Rp 3.350.400	Rp 26.803
	<b>Jumlah</b>				<b>Rp 111.393</b>
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				<b>Rp 16.709</b>
	<b>Nilai HSPK</b>				<b>Rp 128.102</b>
2	<b>Pengukuran dan Pemasangan Bowplank</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,010082	O.H	Rp 171.000	Rp 1.724
	Kepala Tukang/Mandor	0,005041	O.H	Rp 171.000	Rp 862
	Tukang	0,100895	O.H	Rp 156.000	Rp 15.740
	Pembantu Tukang	0,100963	O.H	Rp 145.000	Rp 14.640
	<b><u>Bahan Material</u></b>				
	Paku biasa 2 - 5 inchi	0,02	doz	Rp 29.100	Rp 582
	Kayu Meranti Papan 2/20, 4/10	0,007	m3	Rp 4.188.000	Rp 29.316
	Kayu Meranti Usuk 4/6, 5/7	0,012	m3	Rp 4.188.000	Rp 50.256

<b>No</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga Satuan</b>	<b>Harga</b>
	<b>Jumlah</b>				Rp 113.119
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				Rp 16.968
	<b>Nilai HSPK</b>				Rp 130.087
3	<b>Pembersihan Lapangan dan Perataan</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,050408	O.H	Rp 171.000	Rp 8.620
	Pembantu Tukang	0,100963	O.H	Rp 145.000	Rp 14.640
	<b>Jumlah</b>				Rp 23.259
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				Rp 3.489
	<b>Nilai HSPK</b>				Rp 26.748
4	<b>Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,025204	O.H	Rp 171.000	Rp 4.310
	Pembantu Tukang	0,757221	O.H	Rp 145.000	Rp 109.797
	<b>Jumlah</b>				Rp 114.107
<b>Overhead + Profit (15%)</b>				Rp 17.116	

<b>N o</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga Satuan</b>	<b>Harga</b>
	<b>Nilai HSPK</b>				Rp 131.223
5	<b>Pemadatan Tanah</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,050408	O.H	Rp 171.000	Rp 8.620
	Pembantu Tukang	0,504814	O.H	Rp 145.000	Rp 73.198
	<b>Jumlah</b>				Rp 81.818
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				Rp 12.273
	<b>Nilai HSPK</b>				Rp 94.090
6	<b>Pengurugan Tanah dengan Pemadatan</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,010082	O.H	Rp 171.000	Rp 1.724
	Pembantu Tukang	0,302888	O.H	Rp 145.000	Rp 43.919
	<b>Bahan Material</b>				
	Tanah Urug	1,2	m3	Rp 140.667	Rp 168.800
	<b>Sewa Peralatan</b>				
Sewa Alat Bantu 1set @ 3 alat	8	m3	Rp 1.100	Rp 8.800	

No	Nama Kegiatan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga
	<b>Jumlah</b>				Rp 223.243
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				Rp 33.486
	<b>Nilai HSPK</b>				Rp 256.730
7	<b>Pengurangan 1 m3 dengan pasir urug</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,010082	O.H	Rp 171.000	Rp 1.724
	Pembantu Tukang	0,302888	O.H	Rp 145.000	Rp 43.919
	<b><u>Bahan Material</u></b>				
	Pasir Urug	1,2	m3	Rp 177.000	Rp 212.400
	<b>Jumlah</b>				Rp 256.319
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				Rp 38.448
<b>Nilai HSPK</b>				Rp 294.767	
8	<b>Pemasangan Batu Kali Belah Kosong (Aanstamping)</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,0393	O.H	Rp 171.000	Rp 6.720
	Kepala Tukang/Mandor	0,0393	O.H	Rp 171.000	Rp 6.720

<b>No</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga Satuan</b>	<b>Harga</b>
	Tukang	0,3935	O.H	Rp 156.000	Rp 61.386
	Pembantu Tukang	0,7875	O.H	Rp 145.000	Rp 114.188
	<b><u>Bahan Material</u></b>				
	Pasir Urug	0,432	m3	Rp 177.000	Rp 76.464
	Batu Kali belah 15/20 cm	1,2	m3	Rp 451.000	Rp 541.200
	<b>Jumlah</b>				Rp 806.678
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				Rp 121.002
	<b>Nilai HSPK</b>				Rp 927.680
9	<b>Pemasangan 1m3 pondasi batu belah campuran 1PC : 1KP : 2PS</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,0756	O.H	Rp 171.000	Rp 12.928
	Kepala Tukang/Mandor	0,0756	O.H	Rp 171.000	Rp 12.928
	Tukang	0,7567	O.H	Rp 156.000	Rp 118.045
	Pembantu Tukang	1,5144	O.H	Rp 145.000	Rp 219.588
	<b><u>Bahan Material</u></b>				
	Semen Portland 50 kg	3,7218	ZAK	Rp 72.700	Rp 270.575

<b>No</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga Satuan</b>	<b>Harga</b>
	Kapur Pasang	0,34	m3	Rp 272.500	Rp 92.650
	Pasir Pasang	1,2	m3	Rp 451.000	Rp 541.200
	Batu Belah 15/20 cm	0,17	m3	Rp 99.000	Rp 16.830
	<b>Jumlah</b>				Rp 1.284.743
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				Rp 192.711
	<b>Nilai HSPK</b>				Rp 1.477.455
10	<b>Pekerjaan Beton K-250</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,028229	O.H	Rp 171.000	Rp 4.827
	Tukang	0,277461	O.H	Rp 156.000	Rp 43.284
	Pembantu Tukang	1,665886	O.H	Rp 145.000	Rp 241.553
	<b><u>Bahan Material</u></b>				
	Semen Portland 40 kg	9,6	zak	Rp 58.500	Rp 561.600
	Pasir Cor	0,4325	m3	Rp 272.500	Rp 117.856
	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,546842	m3	Rp 278.000	Rp 152.022
	Biaya air	215	Liter	Rp 6	Rp 1.290

No	Nama Kegiatan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga
	<b>Jumlah</b>				Rp 1.122.433
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				Rp 168.365
	<b>Nilai HSPK</b>				Rp 1.290.798
11	<b>Pembuatan 1 m3 beton mutu f'c = 21,7 Mpa (K 250), slump (12±2) cm, w/c = 0,56</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,083	O.H	Rp 171.000	Rp 14.193
	Kepala Tukang/Mandor	0,083	O.H	Rp 171.000	Rp 14.193
	Tukang	0,275	O.H	Rp 156.000	Rp 42.900
	Pembantu Tukang	1,65	O.H	Rp 145.000	Rp 239.250
	<b><u>Bahan Material</u></b>				
	Semen Portland 50 kg	7,68	zak	Rp 72.700	Rp 558.336
	Pasir Beton	0,4943	m3	Rp 272.500	Rp 134.697
	Batu Pecah Mesin 2/3 cm	0,7696	m3	Rp 275.000	Rp 211.640
	Air	215	liter	Rp 6	Rp 1.290
<b>Jumlah</b>				Rp 1.216.499	



No	Nama Kegiatan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				Rp 182.475
	<b>Nilai HSPK</b>				Rp 1.398.974
12	<b>Pembesian dengan Besi Polos</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,000706	O.H	Rp 171.000	Rp 121
	Tukang	0,007063	O.H	Rp 156.000	Rp 1.102
	Pembantu Tukang	0,007067	O.H	Rp 145.000	Rp 1.025
	<b><u>Bahan Material</u></b>				
	Besi Beton Polos	1,05	kg	Rp 13.500	Rp 14.175
	Kawat Beton	0,015	kg	Rp 26.900	Rp 404
	<b>Jumlah</b>				Rp 16.826
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				Rp 2.524
	<b>Nilai HSPK</b>				Rp 19.350
13	<b>Pemasangan 1m2 Bekisting untuk Pondasi</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,026	O.H	Rp 171.000	Rp 4.446

<b>No</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga Satuan</b>	<b>Harga</b>
	Tukang	0,26	O.H	Rp 156.000	Rp 40.560
	Pembantu Tukang	0,52	O.H	Rp 145.000	Rp 75.400
	<b><u>Bahan Material</u></b>				
	Kayu Kelas III	0,04	m3	Rp 6.100.000	Rp 244.000
	Paku biasa 2 - 5 inchi	0,3	Kg	Rp 25.000	Rp 7.500
	Minyak Bekisting	0,1	Liter	Rp 5.500	Rp 550
	<b>Jumlah</b>				Rp 372.456
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				Rp 55.868
	<b>Nilai HSPK</b>				Rp 428.324
14	<b>Pekerjaan Bekisting Sloof</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,026212	O.H	Rp 171.000	Rp 4.482
	Tukang	0,262327	O.H	Rp 156.000	Rp 40.923
	Pembantu Tukang	0,525006	O.H	Rp 145.000	Rp 76.126
	<b><u>Bahan Material</u></b>				
	Paku Usuk	0,3	kg	Rp 14.800	Rp 4.440

No	Nama Kegiatan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Kayu Meranti Bekisting	0,045	m3	Rp 3.350.400	Rp 150.768
	Minyak Bekisting	0,1	liter	Rp 30.100	Rp 3.010
	<b>Jumlah</b>				Rp 279.749
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				Rp 41.962
	<b>Nilai HSPK</b>				Rp 321.712
15	<b>Pekerjaan Bekisting Kolom</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,033269	O.H	Rp 171.000	Rp 5.689
	Tukang	0,332953	O.H	Rp 156.000	Rp 51.941
	Pembantu Tukang	0,666354	O.H	Rp 145.000	Rp 96.621
	<b><u>Bahan Material</u></b>				
	Paku Usuk	0,4	kg	Rp 14.800	Rp 5.920
	Plywood Uk 122x244x9 mm	0,35	lembar	Rp 105.000	Rp 36.750
	Kayu Meranti Bekisting	0,04	m3	Rp 3.350.400	Rp 134.016
	Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0,015	m3	Rp 4.711.500	Rp 70.673
Minyak Bekisting	0,2	liter	Rp 30.100	Rp 6.020	

<b>No</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga Satuan</b>	<b>Harga</b>
	<b>Jumlah</b>				Rp 407.630
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				Rp 61.144
	<b>Nilai HSPK</b>				Rp 468.774
	<b>Pekerjaan Bekisting Lantai</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,033269	O.H	Rp 171.000	Rp 5.689
	Tukang	0,332953	O.H	Rp 156.000	Rp 51.941
	Pembantu Tukang	0,666354	O.H	Rp 145.000	Rp 96.621
	<b><u>Bahan Material</u></b>				
16	Paku Usuk	0,4	kg	Rp 14.800	Rp 5.920
	Plywood Uk 122x244x9 mm	0,35	lembar	Rp 105.000	Rp 36.750
	Kayu Meranti Bekisting	0,04	m3	Rp 3.350.400	Rp 134.016
	Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0,015	m3	Rp 4.711.500	Rp 70.673
	Minyak Bekisting	0,2	liter	Rp 30.100	Rp 6.020
	<b>Jumlah</b>				Rp 407.630
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				Rp 61.144

<b>No</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga Satuan</b>	<b>Harga</b>
	<b>Nilai HSPK</b>				Rp 468.774
17	<b>Pekerjaan Bekisting Dinding</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,033269	O.H	Rp 171.000	Rp 5.689
	Tukang	0,332953	O.H	Rp 156.000	Rp 51.941
	Pembantu Tukang	0,666354	O.H	Rp 145.000	Rp 96.621
	<b><u>Bahan Material</u></b>				
	Paku Usuk	0,4	kg	Rp 14.800	Rp 5.920
	Plywood Uk 122x244x9 mm	0,35	lembar	Rp 105.000	Rp 36.750
	Kayu Meranti Bekisting	0,03	m3	Rp 3.350.400	Rp 100.512
	Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0,02	m3	Rp 4.711.500	Rp 94.230
	Minyak Bekisting	0,2	liter	Rp 30.100	Rp 6.020
	<b>Jumlah</b>				<b>Rp 397.683</b>
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				<b>Rp 59.652</b>
	<b>Nilai HSPK</b>				<b>Rp 457.336</b>
18	<b>Pemasangan Dinding Batu Merah 1 Pc : 2 Pp tebal 1 bata</b>				

No	Nama Kegiatan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,02016	O.H	Rp 171.000	Rp 3.447
	Tukang	0,20179	O.H	Rp 156.000	Rp 31.479
	Pembantu Tukang	0,60578	O.H	Rp 145.000	Rp 87.838
	<b><u>Bahan Material</u></b>				
	Semen Portland (50 kg)	0,87	zak	Rp 72.700	Rp 63.249
	Pasir Pasang	0,08	m3	Rp 272.500	Rp 21.800
	Batu Bata Merah Kelas 1 (Uk. 22x11x4.5 cm)	140	Press	Rp 800	Rp 112.000
	<b>Jumlah</b>				<b>Rp 319.814</b>
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				<b>Rp 47.972</b>
	<b>Nilai HSPK</b>				<b>Rp 367.786</b>
19	<b>Plesteran Halus 1 Pc : 1 Ps tebal 1.5 cm</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Kepala Tukang/Mandor	0,01512	O.H	Rp 171.000	Rp 2.586
	Tukang	0,15134	O.H	Rp 156.000	Rp 23.609
	Pembantu Tukang	0,30289	O.H	Rp 145.000	Rp 43.919

No	Nama Kegiatan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga
	<b><u>Bahan Material</u></b>				
	Semen Portland (50 kg)	0,31	zak	Rp 72.700	Rp 22.537
	Pasir Pasang	0,02	m3	Rp 272.500	Rp 5.450
	<b>Jumlah</b>				<b>Rp 98.101</b>
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				<b>Rp 14.715</b>
	<b>Nilai HSPK</b>				<b>Rp 112.816</b>
20	<b>Pemasangan 1m3 Pipa Galvanis Diameter 8"</b>				
	<b><u>Upah Tenaga</u></b>				
	Pemasangan Pipa Galvanis	1,9625	m	Rp 14.781	Rp 29.008
	<b><u>Bahan Material</u></b>				
	Besi Pipa Galvanish Medium 8 inchi Pjg 6 Meter	0,17	Batang	Rp 3.400.000	Rp 578.000
	<b>Jumlah</b>				<b>Rp 607.008</b>
	<b>Overhead + Profit (15%)</b>				<b>Rp 91.051</b>
	<b>Nilai HSPK</b>				<b>Rp 698.059</b>

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



## **LAMPIRAN F BIOGRAFI PENULIS**

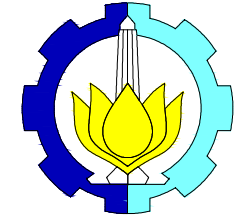


## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Rodhika Rachmawati, lahir di Madiun pada tanggal 21 Desember 1999 yang merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan di SDN 02 Mojorejo pada tahun 2006 – 2012. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Madiun program akselerasi pada tahun 2012 – 2014 dan dilanjutkan pendidikan tingkat atas yang dilalui di SMAN 2 Madiun program akselerasi pada tahun 2014 – 2016. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2016 dan terdaftar dengan NRP 03211640000123.

Selama perkuliahan, penulis aktif pada kegiatan sosial, komunitas, organisasi, dan kepanitiaan. Penulis pernah menjabat sebagai Kepala Bidang Media Departemen Media dan Relasi Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia (IMTLI) Regional IV periode 2018/2019. Penulis juga merupakan Staf *Creative Arts* Divisi Kominfo HMTL ITS periode 2018 dan Kepala Bidang *Information Resources* Divisi Kominfo HMTL ITS periode 2019. Penulis aktif menjadi *drummer* di komunitas ITS Jazz dan juga komunitas *House of Angklung* Surabaya serta aktif menjadi *volunteer* dalam berbagai kegiatan sosial yang dilaksanakan oleh komunitas Peduli Sekitar. Penulis juga berkesempatan menjadi asisten laboratorium Mata Kuliah Kimia Lingkungan dan Teknologi Remediasi Lingkungan pada Tahun 2019. Penulis telah melaksanakan kerja praktek di PT. Pertamina Hulu Energi *Offshore North West Java* di Jakarta pada bidang QHSSE selama satu bulan dengan topik pengolahan limbah air terproduksi. Informasi lebih lanjut mengenai penulis serta segala kritik dan saran yang membangun dapat dihubungi melalui email [rodhika21@gmail.com](mailto:rodhika21@gmail.com).



### JUDUL TUGAS AKHIR

Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB  
Air Limbah Unit Produksi III Untuk  
Memenuhi Kriteria Raw Water Proses  
Scrubbing PT Petrokimia Gresik

### DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan  
Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

### LEGENDA

1. Bak Pembubuh  $\text{CaCO}_3$
2. Bak Pembubuh Koagulan Tawas
3. Unit Koagulasi 1
4. Bak Pembubuh Kapur Aktif
5. Unit Koagulasi 2
6. Unit Flokulasi
7. Unit Sedimentasi

### NAMA MAHASISWA

Rodhika Rachmawati  
03211640000123

### DOSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD  
197111142003122001

### JUDUL GAMBAR

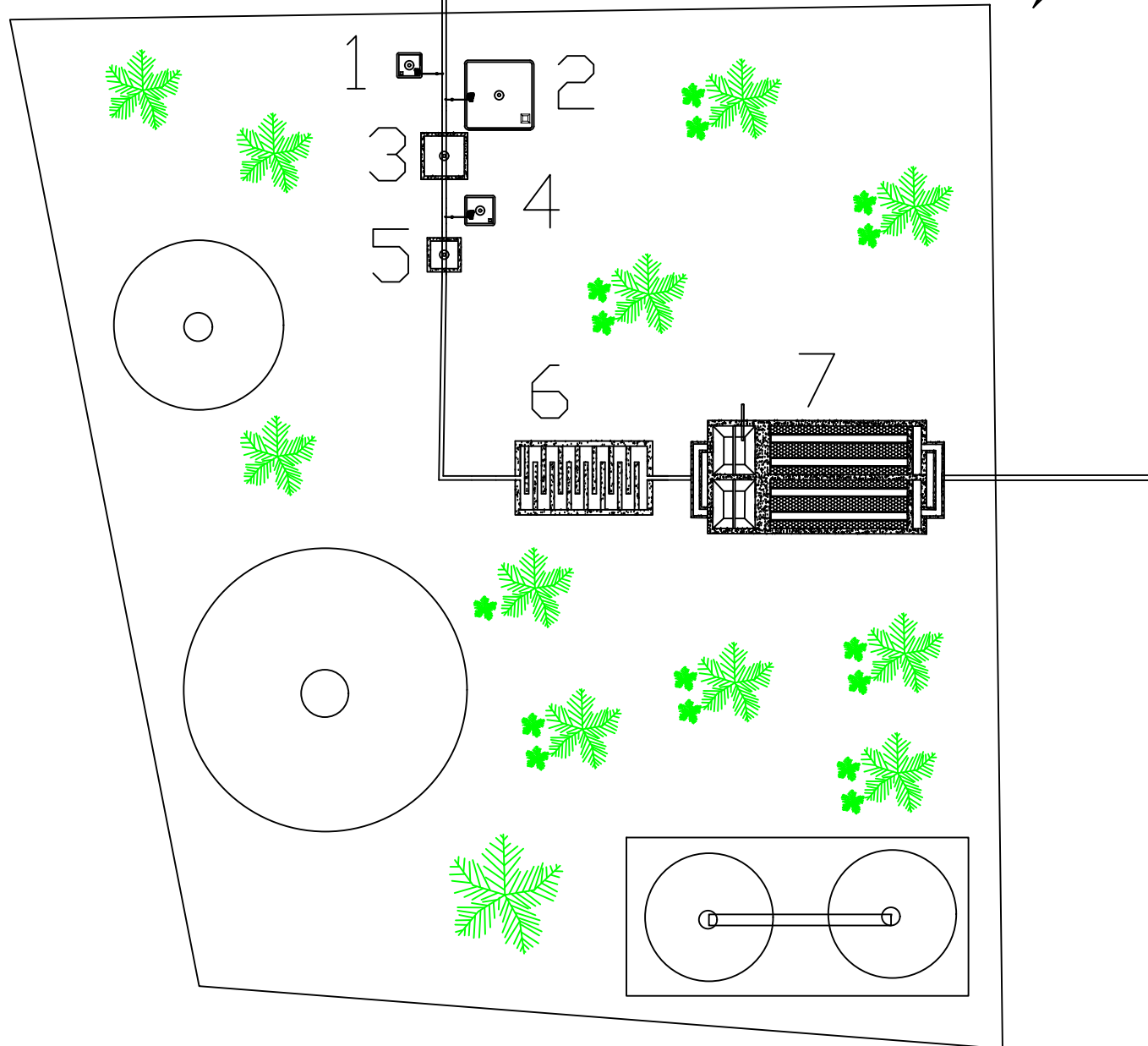
Layout

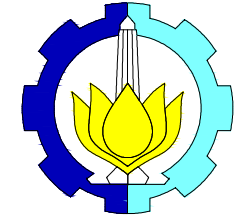
SKALA

1:300

NOMOR GAMBAR

1





### JUDUL TUGAS AKHIR

Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB  
Air Limbah Unit Produksi III Untuk  
Memenuhi Kriteria Raw Water Proses  
Scrubbing PT Petrokimia Gresik

### DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan  
Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

### LEGENDA

### NAMA MAHASISWA

Rodhika Rachmawati  
03211640000123

### DOSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD  
197111142003122001

### JUDUL GAMBAR

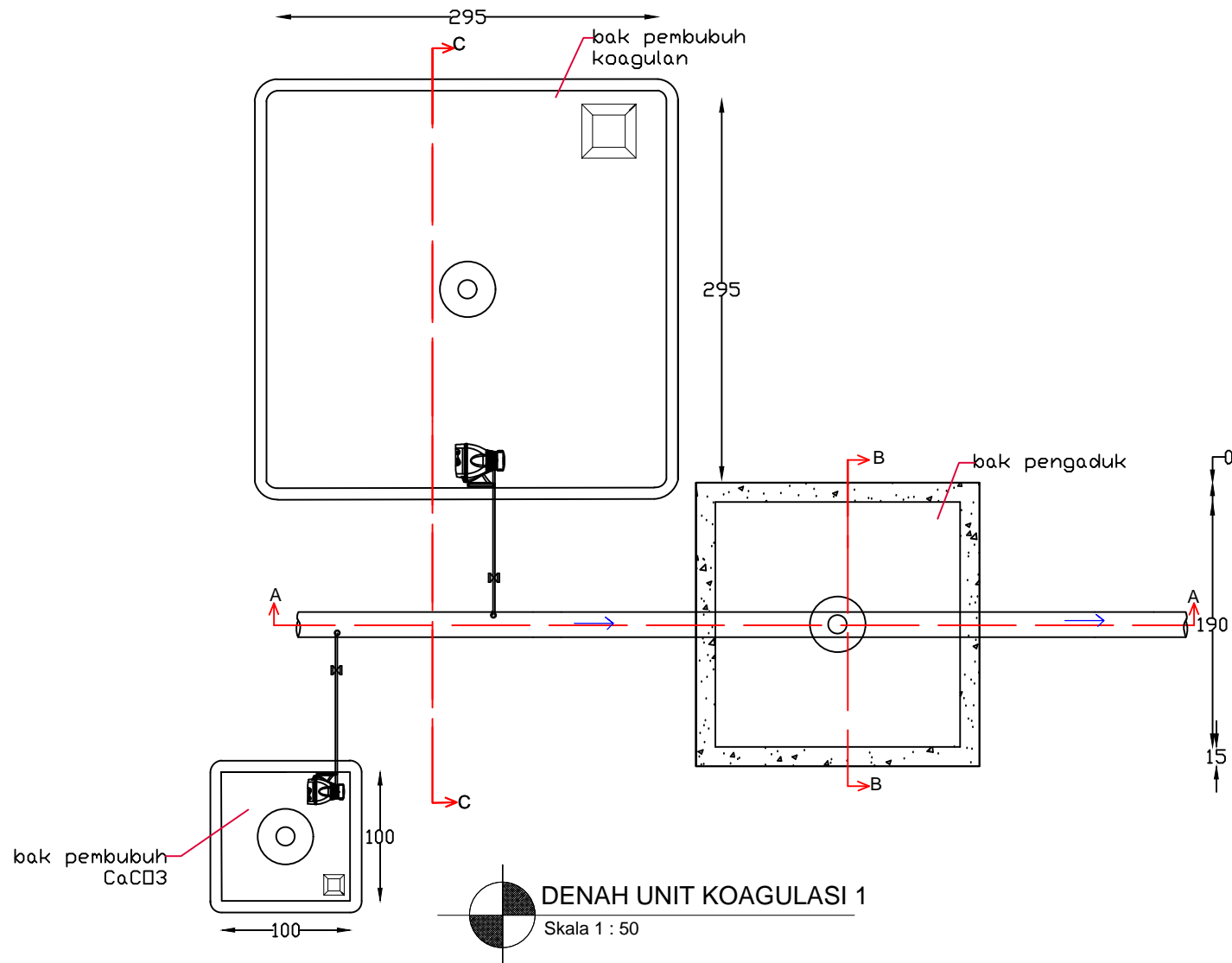
Denah Unit Koagulasi 1

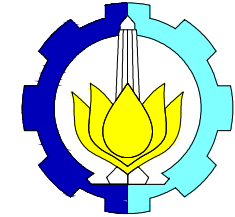
SKALA

1 : 50

NOMOR GAMBAR

2





### JUDUL TUGAS AKHIR

Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB  
Air Limbah Unit Produksi III Untuk  
Memenuhi Kriteria Raw Water Proses  
Scrubbing PT Petrokimia Gresik

### DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan  
Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

### LEGENDA

### NAMA MAHASISWA

Rodhika Rachmawati  
03211640000123

### DOSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD  
197111142003122001

### JUDUL GAMBAR

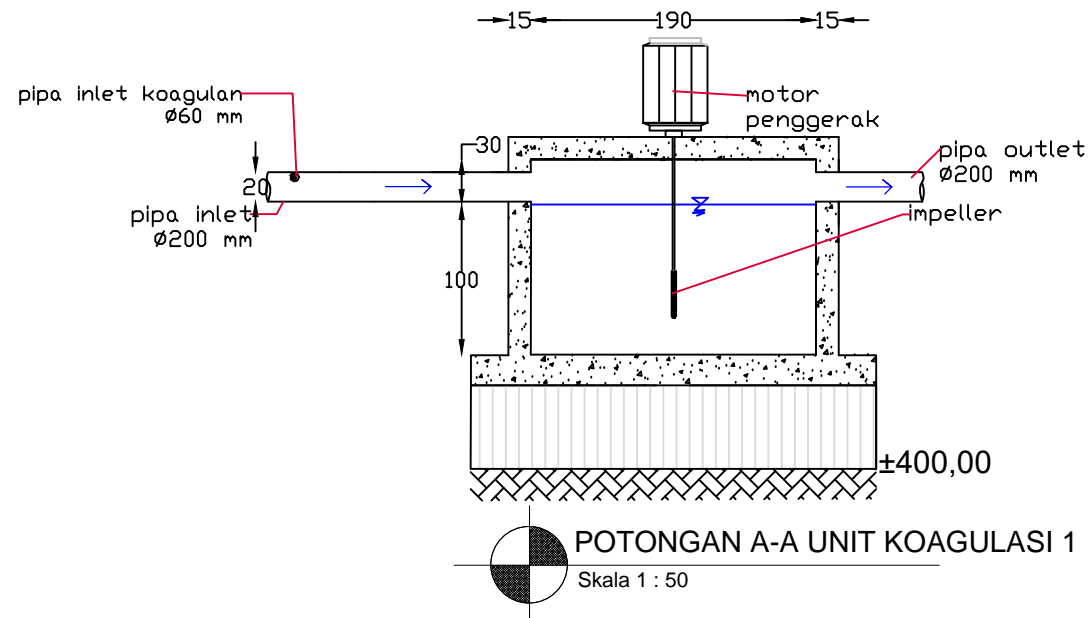
Potongan A-A Unit Koagulasi 1

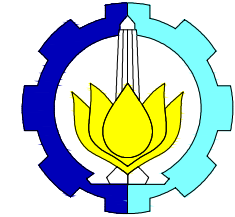
SKALA

1 : 50

NOMOR GAMBAR

3





### JUDUL TUGAS AKHIR

Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB  
Air Limbah Unit Produksi III Untuk  
Memenuhi Kriteria Raw Water Proses  
Scrubbing PT Petrokimia Gresik

### DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan  
Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

### LEGENDA

### NAMA MAHASISWA

Rodhika Rachmawati  
03211640000123

### DOSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD  
197111142003122001

### JUDUL GAMBAR

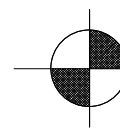
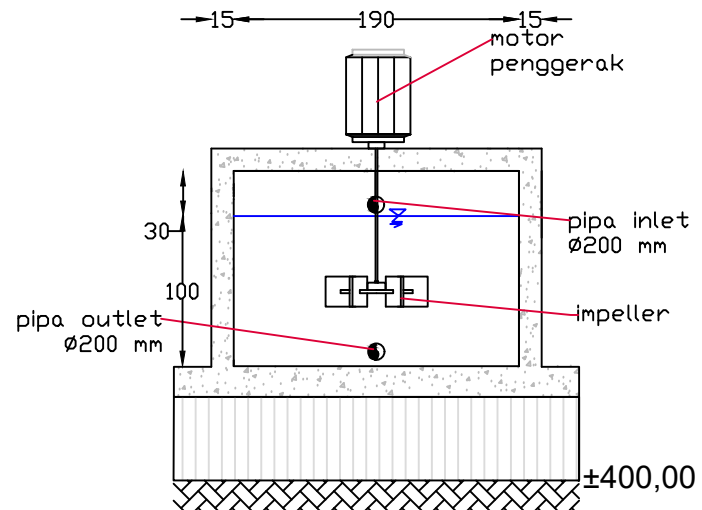
Potongan B-B Unit Koagulasi 1

SKALA

1 : 50

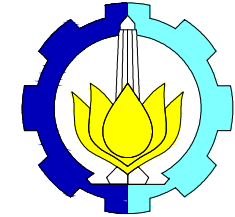
NOMOR GAMBAR

4



### POTONGAN B-B UNIT KOAGULASI 1

Skala 1 : 50



### JUDUL TUGAS AKHIR

Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB  
Air Limbah Unit Produksi III Untuk  
Memenuhi Kriteria Raw Water Proses  
Scrubbing PT Petrokimia Gresik

### DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan  
Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

### LEGENDA

### NAMA MAHASISWA

Rodhika Rachmawati  
03211640000123

### DOSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD  
197111142003122001

### JUDUL GAMBAR

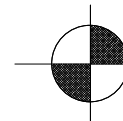
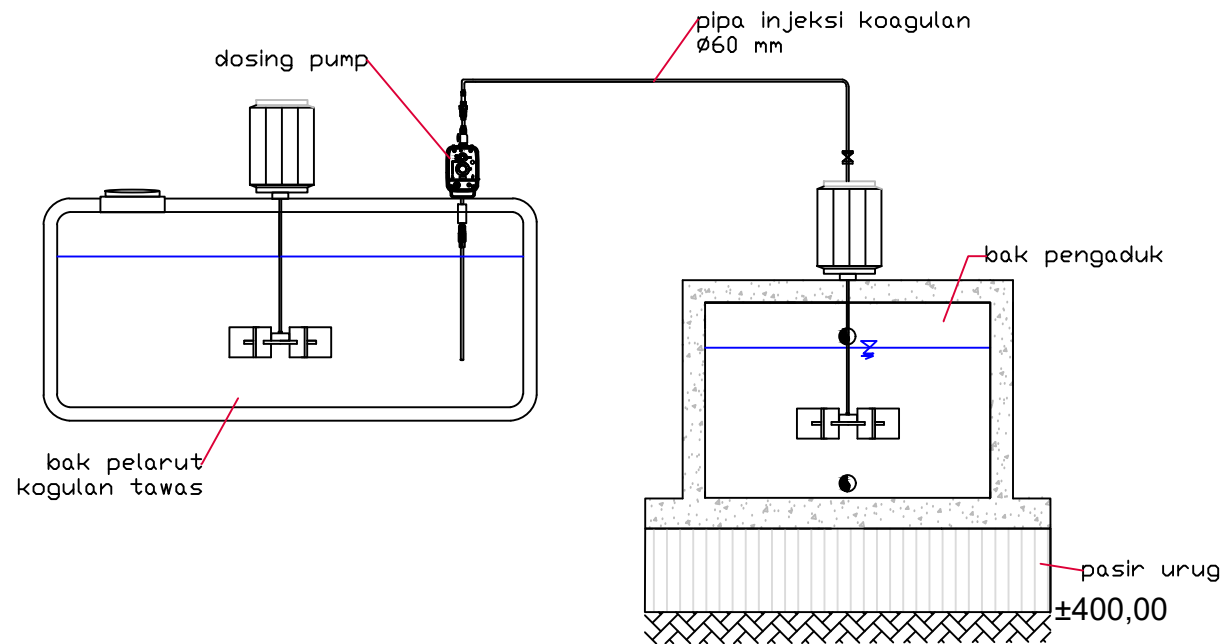
Potongan C-C Unit Koagulasi 1

SKALA

1 : 50

NOMOR GAMBAR

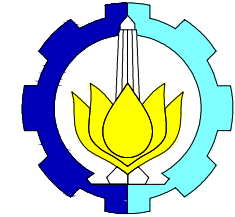
5



### POTONGAN C-C UNIT KOAGULASI 1

Skala 1 : 50





### JUDUL TUGAS AKHIR

Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB  
Air Limbah Unit Produksi III Untuk  
Memenuhi Kriteria Raw Water Proses  
Scrubbing PT Petrokimia Gresik

### DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan  
Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

### LEGENDA

### NAMA MAHASISWA

Rodhika Rachmawati  
03211640000123

### DOSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD  
197111142003122001

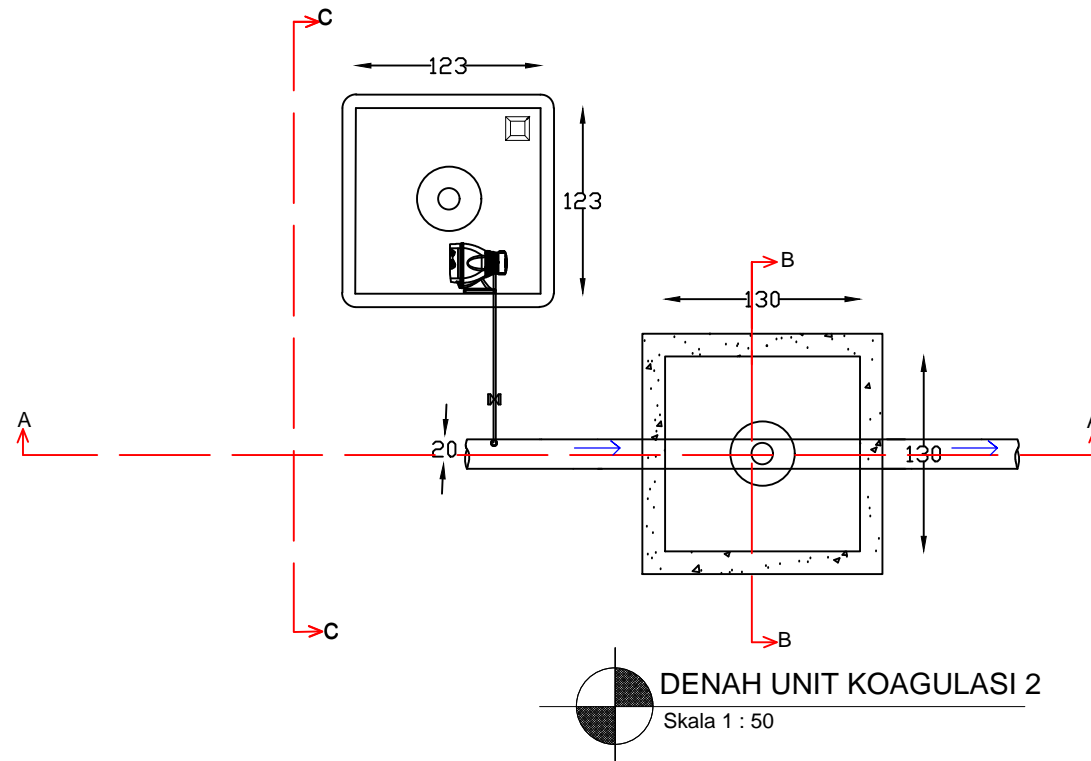
### JUDUL GAMBAR

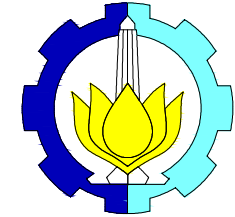
Denah Unit Koagulasi 2

SKALA

NOMOR GAMBAR

6





### JUDUL TUGAS AKHIR

Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB  
Air Limbah Unit Produksi III Untuk  
Memenuhi Kriteria Raw Water Proses  
Scrubbing PT Petrokimia Gresik

### DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan  
Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

### LEGENDA

### NAMA MAHASISWA

Rodhika Rachmawati  
03211640000123

### DOSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD  
197111142003122001

### JUDUL GAMBAR

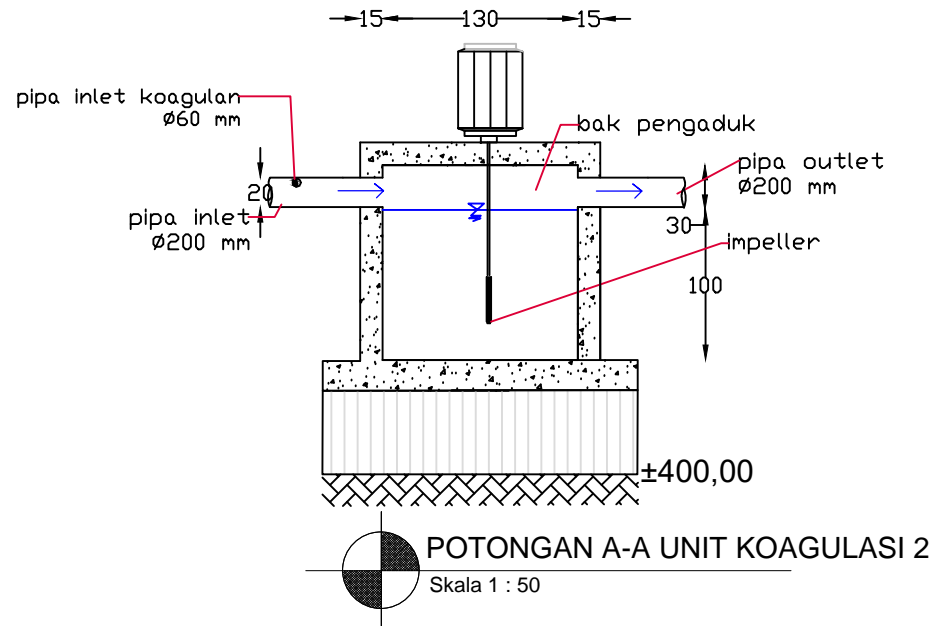
Potongan A-A Unit Koagulasi 2

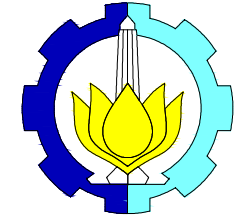
SKALA

1 : 50

NOMOR GAMBAR

7





### JUDUL TUGAS AKHIR

Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB  
Air Limbah Unit Produksi III Untuk  
Memenuhi Kriteria Raw Water Proses  
Scrubbing PT Petrokimia Gresik

### DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan  
Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

### LEGENDA

### NAMA MAHASISWA

Rodhika Rachmawati  
03211640000123

### DOSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD  
197111142003122001

### JUDUL GAMBAR

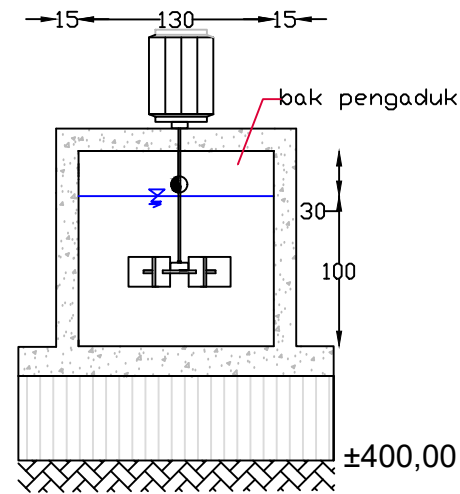
Potongan B-B Unit Koagulasi 2

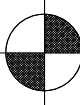
SKALA

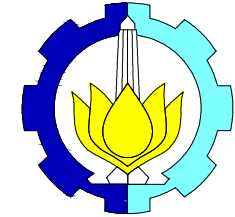
1 : 50

NOMOR GAMBAR

8



 **POTONGAN B-B UNIT KOAGULASI 2**  
Skala 1 : 50



**JUDUL TUGAS AKHIR**

Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB  
Air Limbah Unit Produksi III Untuk  
Memenuhi Kriteria Raw Water Proses  
Scrubbing PT Petrokimia Gresik

**DEPARTEMEN**

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan  
Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

**LEGENDA**

**NAMA MAHASISWA**

Rodhika Rachmawati  
03211640000123

**DOSEN PEMBIMBING**

Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD  
197111142003122001

**JUDUL GAMBAR**

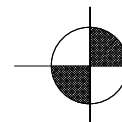
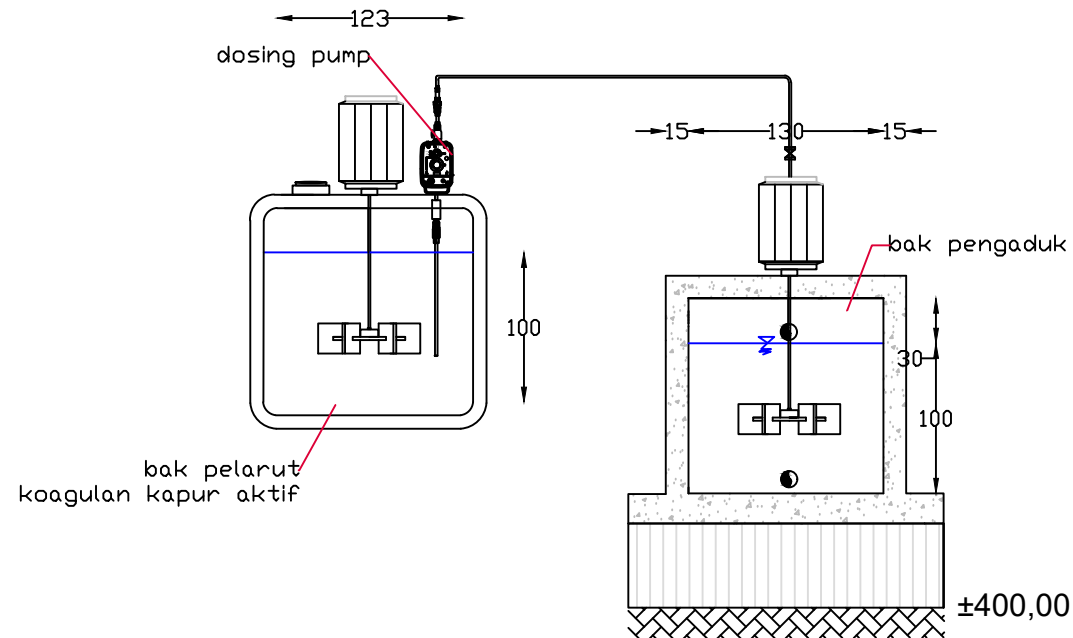
Potongan C-C Unit Koagulasi 2

SKALA

NOMOR GAMBAR

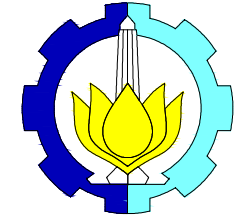
1 : 50

9



**POTONGAN C-C UNIT KOAGULASI 2**

Skala 1 : 50



### JUDUL TUGAS AKHIR

Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB  
Air Limbah Unit Produksi III Untuk  
Memenuhi Kriteria Raw Water Proses  
Scrubbing PT Petrokimia Gresik

### DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan  
Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

### LEGENDA

### NAMA MAHASISWA

Rodhika Rachmawati  
03211640000123

### DOSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD  
197111142003122001

### JUDUL GAMBAR

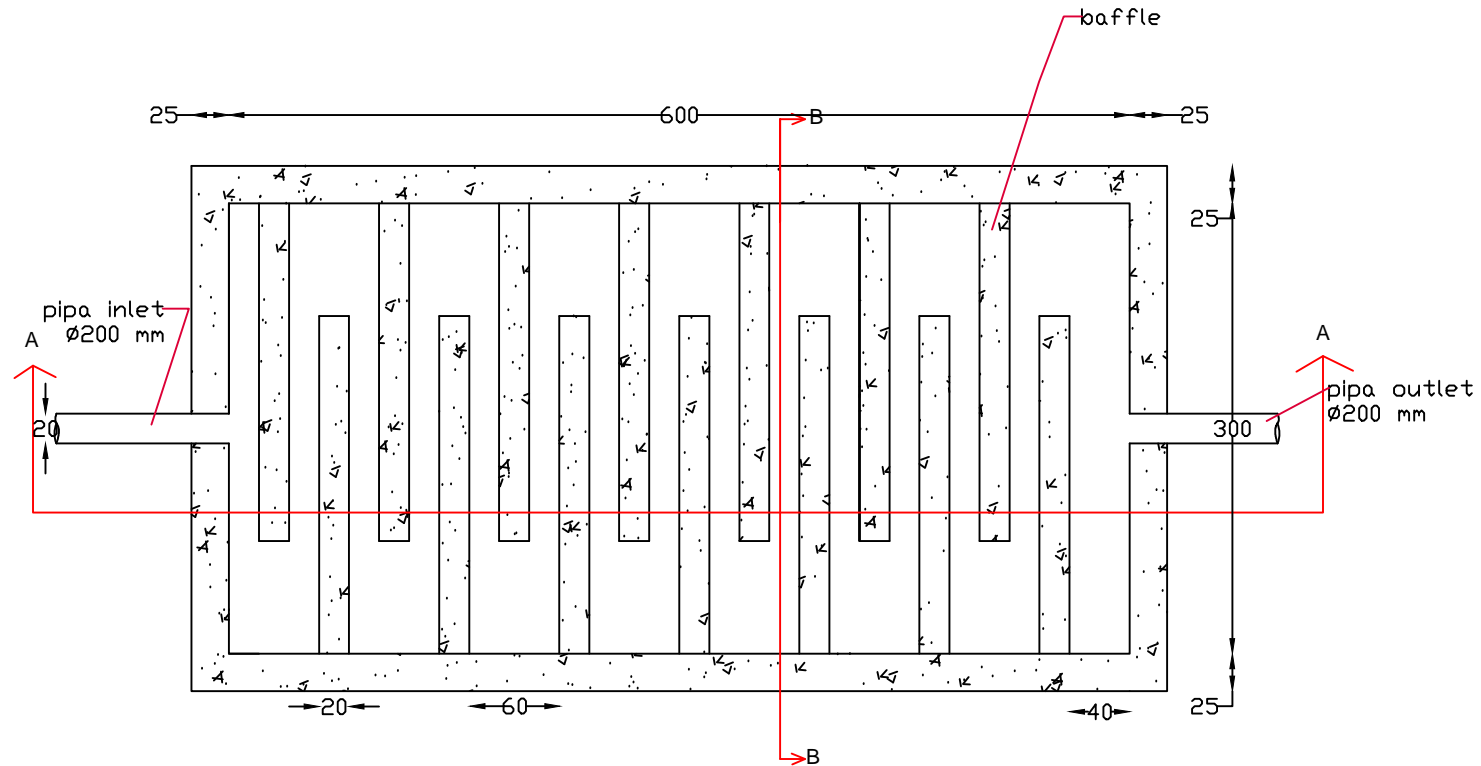
Denah Unit Flokulasi

SKALA

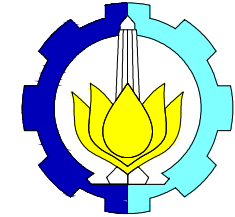
1 : 50

NOMOR GAMBAR

10



 DENAH UNIT FLOKULASI  
Skala 1 : 50



### JUDUL TUGAS AKHIR

Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB  
Air Limbah Unit Produksi III Untuk  
Memenuhi Kriteria Raw Water Proses  
Scrubbing PT Petrokimia Gresik

### DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan  
Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

### LEGENDA

### NAMA MAHASISWA

Rodhika Rachmawati  
03211640000123

### DOSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD  
197111142003122001

### JUDUL GAMBAR

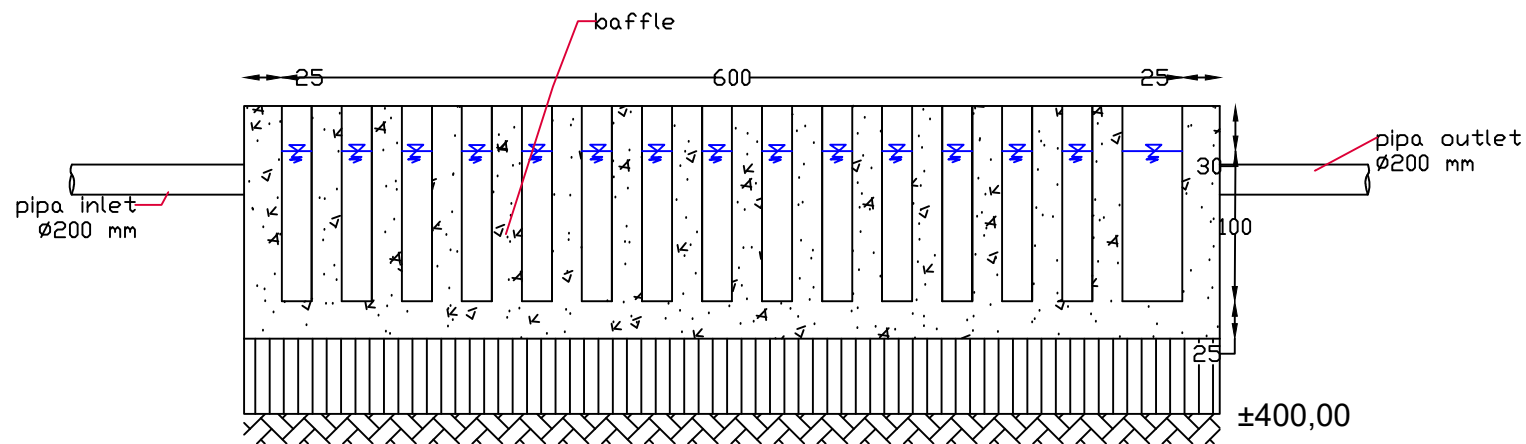
Potongan A-A Unit Flokulasi

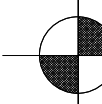
SKALA

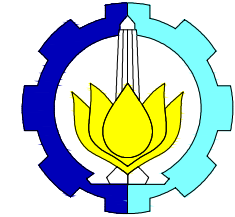
1 : 50

NOMOR GAMBAR

11



 **POTONGAN A-A UNIT FLOKULASI**  
Skala 1 : 50



### JUDUL TUGAS AKHIR

Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB  
Air Limbah Unit Produksi III Untuk  
Memenuhi Kriteria Raw Water Proses  
Scrubbing PT Petrokimia Gresik

### DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan  
Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

### LEGENDA

### NAMA MAHASISWA

Rodhika Rachmawati  
03211640000123

### DOSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD  
197111142003122001

### JUDUL GAMBAR

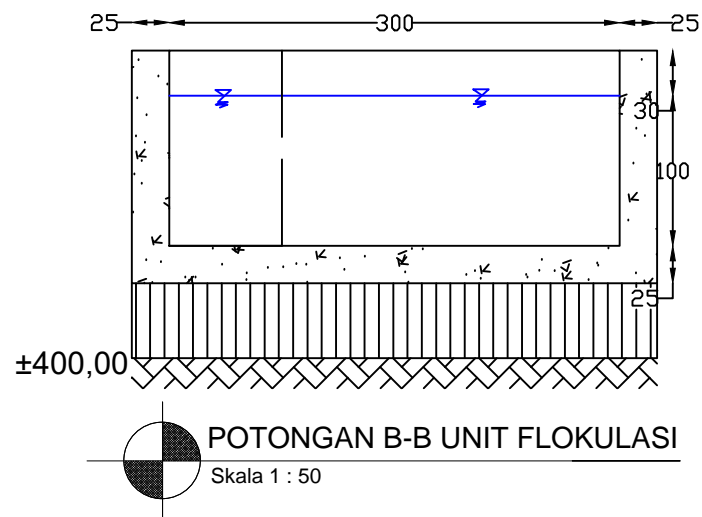
Potongan B-B Unit Flokulasi

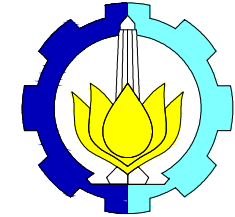
SKALA

1 : 50

NOMOR GAMBAR

12





### JUDUL TUGAS AKHIR

Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB  
Air Limbah Unit Produksi III Untuk  
Memenuhi Kriteria Raw Water Proses  
Scrubbing PT Petrokimia Gresik

### DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan  
Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

### LEGENDA

### NAMA MAHASISWA

Rodhika Rachmawati  
03211640000123

### DOSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD  
197111142003122001

### JUDUL GAMBAR

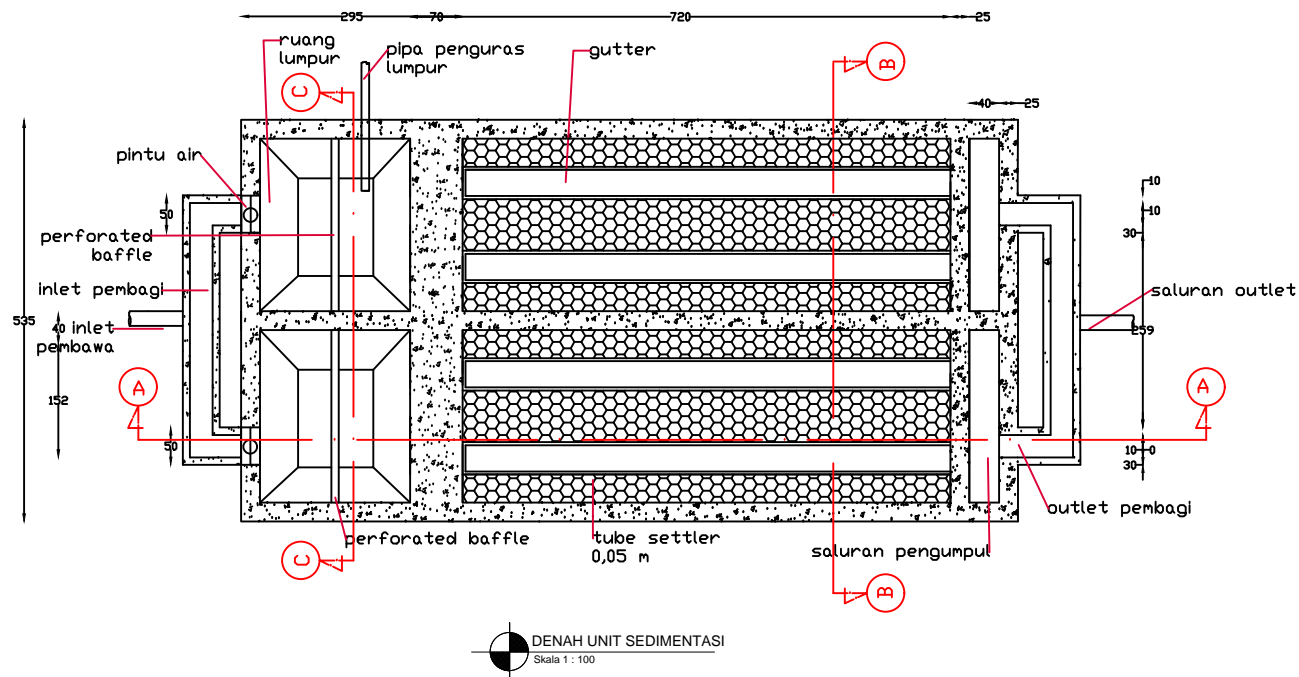
Denah Sedimentasi

SKALA

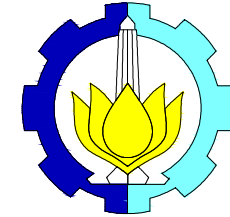
1 : 100

NOMOR GAMBAR

13







**JUDUL TUGAS AKHIR**

Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB  
Air Limbah Unit Produksi III Untuk  
Memenuhi Kriteria Raw Water Proses  
Scrubbing PT Petrokimia Gresik

**DEPARTEMEN**

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan  
Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

**LEGENDA**

**NAMA MAHASISWA**

Rodhika Rachmawati  
03211640000123

**DOSEN PEMBIMBING**

Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD  
197111142003122001

**JUDUL GAMBAR**

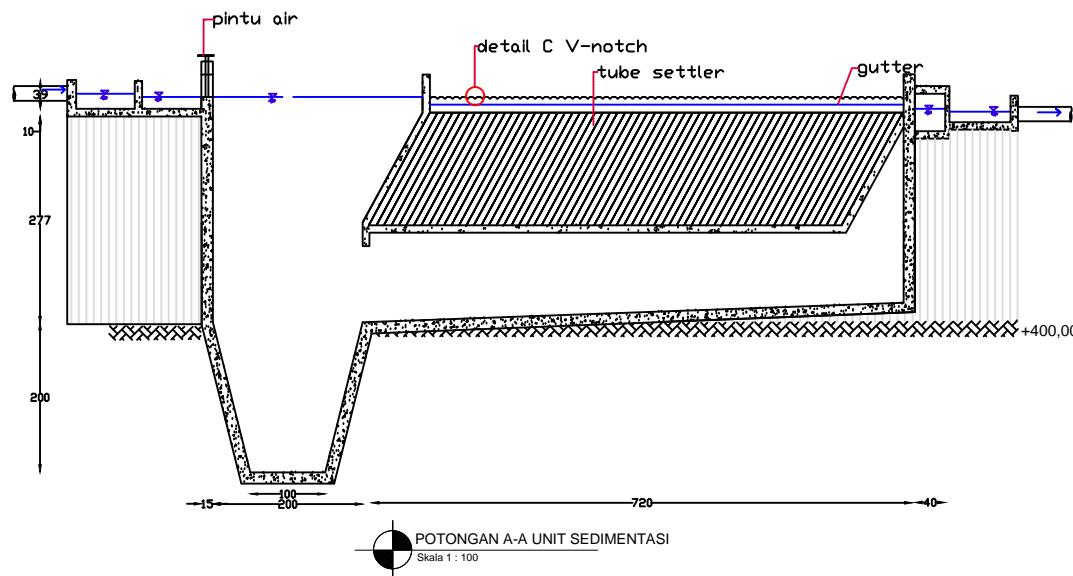
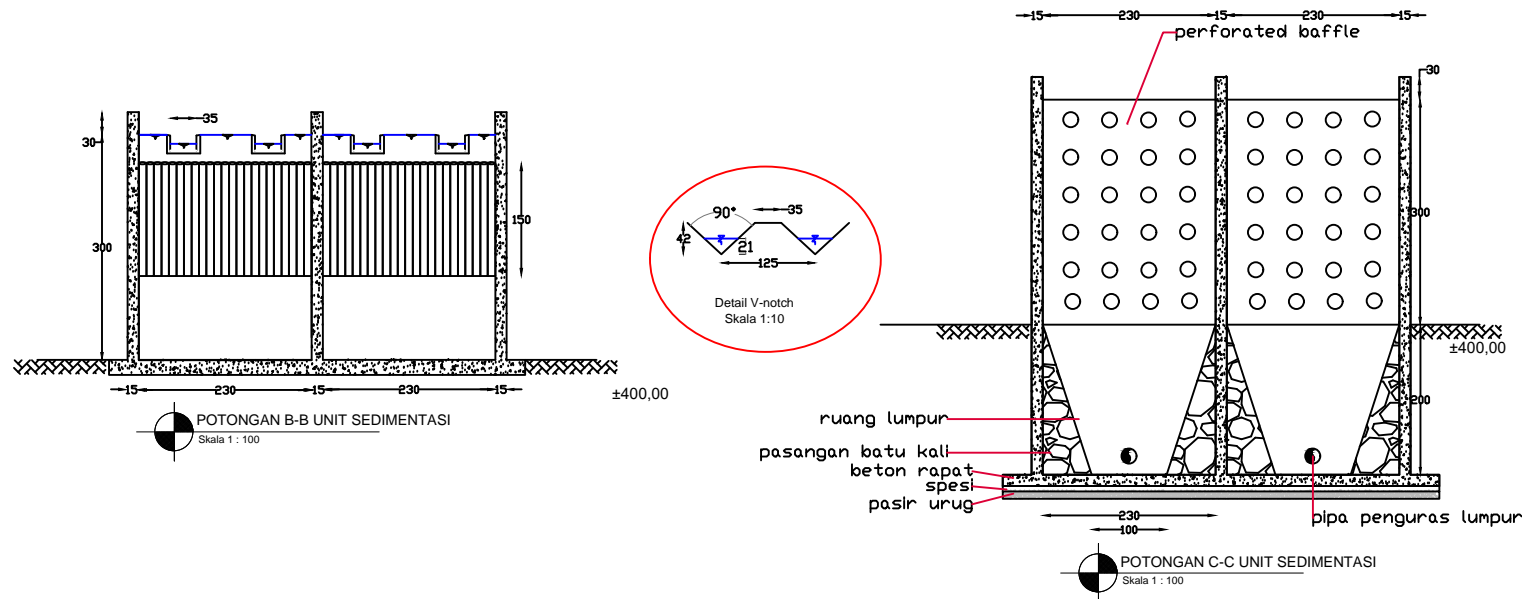
Detail Unit Sedimentasi

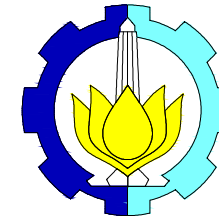
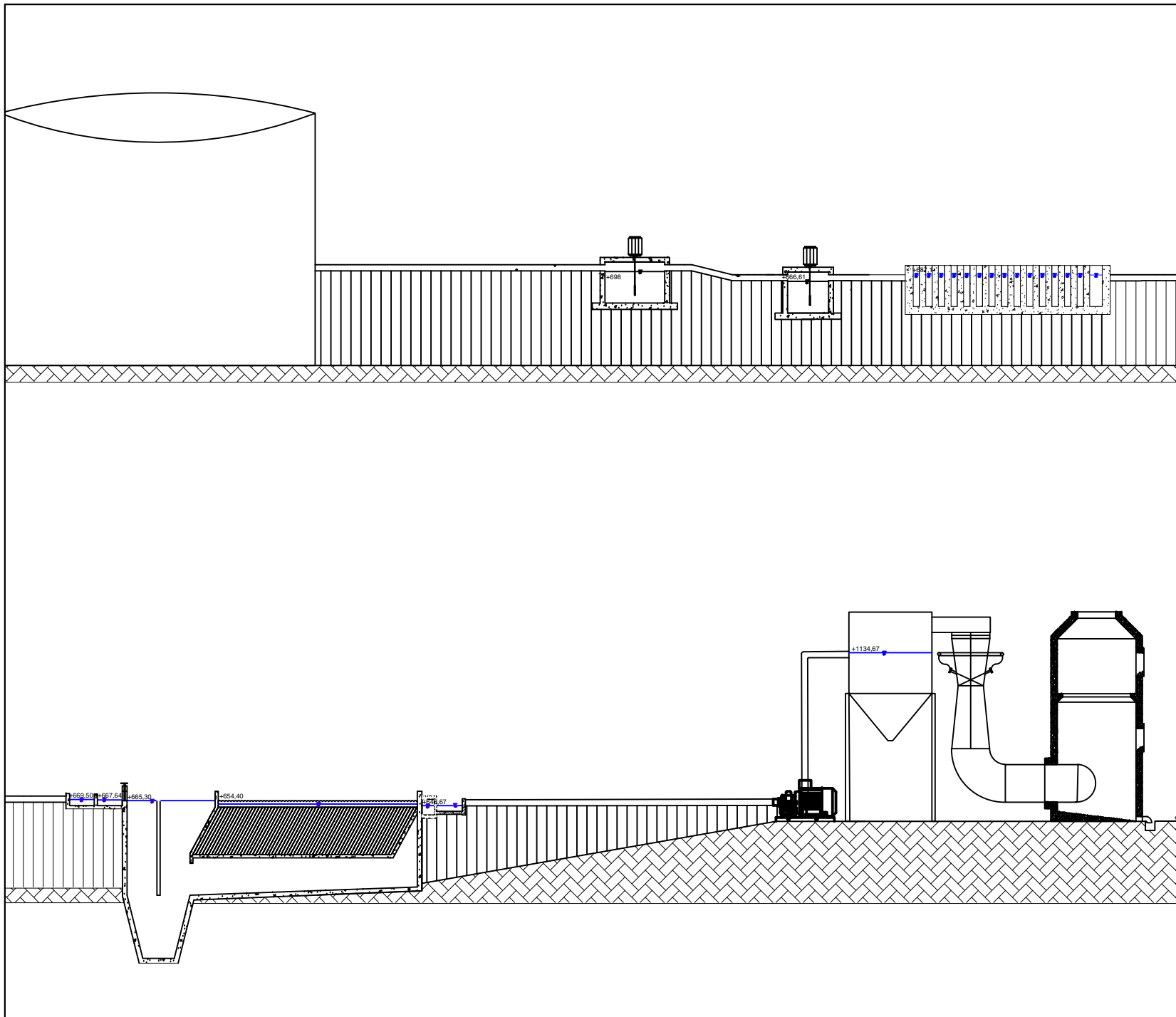
SKALA

NOMOR GAMBAR

1 : 100

14





### JUDUL TUGAS AKHIR

Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB  
Air Limbah Unit Produksi III Untuk  
Memenuhi Kriteria Raw Water Proses  
Scrubbing PT Petrokimia Gresik

### DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan  
Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

### LEGENDA

### NAMA MAHASISWA

Rodhika Rachmawati  
03211640000123

### DOSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD  
197111142003122001

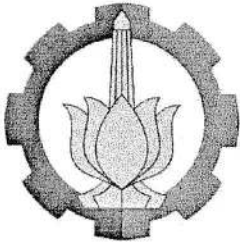
### JUDUL GAMBAR

Profil Hidrolis

SKALA

NOMOR GAMBAR

15



**KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR**

Nama : RODHIKA RACHMAWATI  
NRP : 03211640000123  
Judul : Pengolahan Outlet Effluent Treatment III Air Limbah Unit Produksi III untuk memenuhi kriteria Raw Water Proses Snbbing PT. Petrokimia Gresik

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	4 Sep 2019	Asistensi proposal Tugas Akhir	Y
2.	19 Sep 2019	Revisi Draft proposal Tugas Akhir	Y
3.	4 Okt 2019	Asistensi revisi proposal (perbaikan metodologi)	Y
4.	13 Nov 2019	Asistensi (pembahasan dan penentuan koagulan)	Y
5.	25 Nov 2019	Hasil grafik dan pengajian data	Y
6.	2 Des 2019	Asistensi draft kemajuan tugas akhir	Y
7.	30 Des 2019	Profiteri hidrofolis, dimensasi unit	Y
8.	10 Jan 2020	Asistensi draft ujian lisan	Y

Surabaya, 24 Januari 2020  
Dosen Pembimbing

IPUNG FITRI PURWANTI, ST., MT., PhD

**FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR**

**Nama** : RODHIKA RACHMAWATI  
**NRP** : 0321164000123  
**Judul Tugas Akhir** : Pengolahan Outlet Effluent treatment IIB Air Limbah Unit  
 Produksi IT untuk memenuhi kriteria Raw Water proses Smbbing  
 PT. Petrokimia Gresik

No	Saran Perbaikan (sesuai Form KTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	hal. 37	Sudah diperbaiki
2.	Absorpsi dimingkas & look kata	Sudah diperbaiki hal iii
3.	Grafik COD di gambar 4.1 - 4.3	Sudah diperbaiki hal. 63 - 65
4.	tawas + PAC 60 mg/l, maksudnya?	Sudah diperbaiki hal. 99
5.	Cek daftar Pustaka	Sudah diperbaiki hal. 147
6.	Penerjemahan braya pengolahan	Sudah diperbaiki hal 105
7.	Gambar 2.5 dijelaskan	Sudah diperbaiki hal 36
8.	Cek lagi scale up unit	Sudah diperbaiki hal 120
9.	Cek penambahan kapur / menaikan pH	Sudah diperbaiki hal 81
10.	Perhatikan nilai pH optimum untuk menentukan dosis optimum	Sudah diperbaiki hal 103
11.	Penyajian data	Sudah diperbaiki hal 63-98
12.	Kualitas air baku berfluktuasi & desain	Sudah diperbaiki hal 171 Lampiran C
13.	Lampiran data mentah	Sudah diperbaiki, Lampiran B

Dosen Pembimbing,

PUNG FITRI PURWANTI, ST., MT., PhD

Mahasiswa Ybs,

RODHIKA RACHMAWATI





**FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR**

Nama : RODHIKA RACHMAWATI  
NRP : 03211640000123  
Judul Tugas Akhir : Pengolahan Outlet Effluent Treatment III B Air Limbah  
Unit Produksi III untuk memenuhi kriteria Raw Water  
Proses Scrubbing PT Petrokimia Gresik

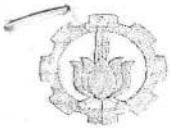
No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Abstrak dibuat 3 paragraf	Sudah diperbaiki hal iii
2.	Cek unit Sedimentasi	Sudah diperbaiki hal 118
3.	Kapur aktif yang digunakan 80%	Sudah diperbaiki hal 51
4.	Gambar diperbaiki	Sudah diperbaiki Lampiran C
5.	Cek harga kapur aktif	Sudah diperbaiki hal 105
6.	Tambahkan mekanisme Penurunan COD, F dengan koagulasi	Sudah diperbaiki hal 100-109
7.	Perusakan dosis $\rightarrow 60 = 30 + 30$	Sudah diperbaiki hal 63-98
8.	Nilai F naik setelah fe- nambahan $CaCO_3$ ?	Sudah diperbaiki hal 81

Dosen Pembimbing,

IPUNG FITRI PURWANTI, ST., MT., PhD

Mahasiswa Ybs.

RODHIKA RACHMAWATI



KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2018/2019

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02  
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing  
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 16 Desember  
Pukul : 10.00 - 11.00 WIB  
Lokasi : Ruang Sidang Pascasarjana  
Judul : Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB Air Limbah Unit Produksi III Untuk Raw Water dalam Proses Scrubbing PT Petrokimia Gresik  
Nama : Rodhika Rachmawati  
NRP. : 03211640000123  
Topik : Penelitian

Nilai TOEFL : 483

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir
1/	hal. 37 → gab.
2/	Abstrak diperbaiki → Ringkasan ± 200 kata.
3/	COD & gbr 4.1 - 4.3.
4/	Tawas + PAC Gonyak, mahandanya ?
5/	Cek pustaka & daftar pustaka.
6/	Penentuan biaya perjalanan.
7/	Gbr 2.5 & jelaskan, penyambutan sampel, kualitas sampel.
8/	Cek lagi <del>penas</del> alternatif penambahan kapur (flok) & menaikan pH.
9/	Perhatikan faktor scale-up & menerapkan hasil lab ke perencanaan.
10/	Perhatikan pH & menentukan dosis optimum. → kapur aktif
11/	Perhatikan penyajian data → bar / line chart.
12/	Kualitas air baku yg berfluktuasi → desain. → perlu equalisasi?
13/	Lampiran data mentah.

7/6/2019

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

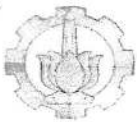
Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD





KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2018/2019

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-03  
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah  
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 16 Desember 2019  
Pukul : 10.00 - 11.00 WIB  
Lokasi : Ruang Sidang Pascasarjana  
Judul : Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB Air Limbah Unit Produksi III Untuk Raw Water dalam Proses Scrubbing PT Petrokimia Gresik  
Nama : Rodhika Rachmawati  
NRP. : 03211640000123  
Topik : Penelitian

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah Seminar Kemajuan Tugas Akhir
①	Revisi grafik penyajian data.
②	Lampiran data mentah
③	Lengkapi prosedur analisis kimawi di lampiran.
④	pH, vs alkalinitas. ←

Ab 10/1<sup>20</sup>

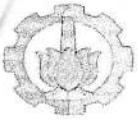
Formulir KTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.  
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pengarah  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing

Dosen Pengarah Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., M.Phil., Ph.D

(  )

Dosen Pembimbing Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD

(  )



KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2018/2019

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-03  
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah  
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 16 Desember 2019  
Pukul : 10.00 - 11.00 WIB  
Lokasi : Ruang Sidang Pascasarjana  
Judul : Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB Air Limbah Unit Produksi III Untuk Raw Water dalam Proses Scrubbing PT Petrokimia Gresik  
Nama : Rodhika Rachmawati  
NRP. : 03211640000123  
Topik : Penelitian

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah Seminar Kemajuan Tugas Akhir
1.	Abstrak disederhanakan
2.	Samban digambar ulang dan dijelaskan
3.	Asal limbah dan konsentrasi <del>selesai</del> dijelaskan
4.	Dosis koagulan tergantung pd kualitas air limbah dan pH juga berperan dlm koagulasi, jelaskan!
5.	Disain : Pertimbangan teknis dan menentukan parameter disain ? Batch vs Continuous. Disain : Jangan basib. design saja. Boleh sampai DTP.

*Adhi Yuniarto* 27/12/19

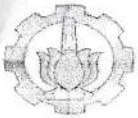
Formulir KTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.  
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pengarah  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing.

Dosen Pengarah Adhi Yuniarto, ST., MT., PhD

Dosen Pembimbing Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD

*Adhi Yuniarto*  
*Ipung Fitri Purwanti*





KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2018/2019

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-03  
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah  
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 16 Desember 2019  
Pukul : 10.00 - 11.00 WIB  
Lokasi : Ruang Sidang Pascasarjana  
Judul : Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB Air Limbah Unit Produksi III Untuk Raw Water dalam Proses Scrubbing PT Petrokimia Gresik  
Nama : Rodhika Rachmawati  
NRP. : 03211640000123  
Topik : Penelitian

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah Seminar Kemajuan Tugas Akhir
1.	Kondisi existing (data) → Kondisi ideal (estimasi/kebutuhan)
2.	Abstrak disusun secara kuantitatif.
3.	Tabel 4.1 & 4.3 diperbaiki
4.	penulisan dosis $\text{tanas} + \text{kapur}$ } 60 mg/L.? $\text{tanas} + \text{PAC}$
5.	Scale up dosis jar test → dengan.
6.	Referensi dosis koagulan dibandingkan dg text book.

6/2020  
01  
*Abdul Fadhil Assomadi*

Formulir KTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana

Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pengarah

Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing

Dosen Pengarah Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT

Dosen Pembimbing Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD



UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)

Periode: Genap 2018-2019

No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02  
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing  
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 20 Januari 2020

Nilai TOEFL 483

Pukul : 09.30 - 11.30

Lokasi : TL-102

Judul : Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB Air Limbah Unit Produksi III untuk Raw Water dalam Proses Scrubbing PT Petrokimia Gresik

Nama : Rodhika Rachmawati

NRP. : 03211640000123

Topik : Penelitian Perencanaan

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1.	abstrak dibuat 3 paragraf, + metod + varia bel
2.	celi unit sedimentasi → terlalu besar
3.	Kapur aktif yg digunakan → 70%
4.	gambar : teknik diperbaiki
5.	Celi harga kapur aktif, Bandingkan dg MERCK
6.	Tambahkan tinjauan pustaka, mekanisme penurunan COD, F, dg koagulan
7.	Penulisan Dosis + 60 = 30 + 30
8.	Nilai F 80,84 → F naik stlh penambahan CaCO <sub>3</sub> ? ↳ F terganggu saat pengukuran ?

24/1/2020

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana

Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing

Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Ipung Fitri Purwanti ST., MT., PhD





UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03  
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji  
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 20 Januari 2020  
Pukul : 09.30 - 11.30  
Lokasi : TL-102  
Judul : Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB Air Limbah Unit Produksi III untuk Raw Water dalam Proses Scrubbing PT Petrokimia Gresik  
Nama : Rodhika Rachmawati  
NRP. : 03211640000123  
Topik : Penelitian Perencanaan

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1	Sejau parameter → dosis optimal 120 mg/L. → 60 mg/L. ↳ Bagaimana prosesnya? Apakah pH berperan penting?
2	Bagaimana pengaruh alkalinitas? - Apakah sudah terukur?

As  
27/20

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.  
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., MPhil., PhD

(  )

Dosen Pembimbing Ipung Fitri Purwanti ST., MT., PhD

(  )



UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)

Periode: Genap 2018-2019

No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03  
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji  
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 20 Januari 2020  
Pukul : 09.30 - 11.30  
Lokasi : TL-102  
Judul : Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB Air Limbah Unit Produksi III untuk Raw Water dalam Proses Scrubbing PT Petrokimia Gresik  
Nama : Rodhika Rachmawati  
NRP. : 03211640000123  
Topik : Penelitian Perencanaan

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1	Abstrak ditambahkan penjelasan metodologi singkat / eksplisit variabel? utk mencapai tujuan → & analisis data.
2	Judul → pengolahan — utk memenuhi kriteria raw water proses scrubbing — + Ruang lingkup
3.	Bagaimana membuat 50 mg/l .. 120 mg/l Alum + aditif di penelitian sdh? .. berapa BM/drb.
4.	Bgmn alum + aditif dpt menurunkan kekeruhan TSS, COD, pH & F → mekanisme koagulasi/flokulasi.
5.	Bagaimana menentukan dosis opti alum mg/l? (koagulan & aditif?)

Acc <sup>24/01/2020</sup>  
*[Signature]*

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana

Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji

Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT.

Dosen Pembimbing Ipung Fitri Purwanti ST., MT., PhD

*[Signature]*  
( fu )





UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03  
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji  
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 20 Januari 2020  
Pukul : 09.30 - 11.30  
Lokasi : TL-102  
Judul : Pengolahan Outlet Effluent Treatment IIIB Air Limbah Unit Produksi III untuk Raw Water dalam Proses Scrubbing PT Petrokimia Gresik  
Nama : Rodhika Rachmawati  
NRP. : 03211640000123  
Topik : Penelitian Perencanaan

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1.	Abstrak, 3 paragraf ✓
2.	Proses pemilihan PAC dan kaporalatp. ✓
3.	Gambar diperbaiki dengan kondisi existing.
4.	Hitung penggunaan bahan kimia utk keperluan operasional (hadar komersial).
5.	Saran diperbaiki ketertama untuk memperbaiki hasil

*[Handwritten signature and date: Adhi Yuniarto, 20/1/2020]*

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana

Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji

Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Adhi Yuniarto, ST., MT., PhD

Dosen Pembimbing Ipung Fitri Purwanti ST., MT., PhD

*[Handwritten signature of Adhi Yuniarto]*  
*[Handwritten signature of Ipung Fitri Purwanti]*