TUGAS AKHIR – RE 141581

PENINGKATAN EFEKTIFITAS PROSES KOAGULASI-FLOKULASI DENGAN MENGGUNAKAN ALUMINIUM SULFAT DAN *POLYDADMAC*

BERNADED OKA ANGGARANI
3311100056

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

DOSEN CO-PEMBIMBING
Ir. Atiek Moesriati, M.Kes

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

FINAL PROJECT – RE 141581

INCREASING THE EFFECTIVENESS OF COAGULATION-FLOCCULATION PROCESS USING ALUMINIUM SULPHATE AND *POLYDADMAC*

BERNADED OKA ANGGARANI
3311100056

SUPERVISOR
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

CO-SUPERVISOR
Ir. Atiek Moesriati, M.Kes

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

PENINGKATAN EFEKTIFITAS PROSES KOAGULASI-FLOKULASI MENGGUNAKAN ALUMINIUM SULFAT DAN *POLYDADMAC*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat dalam Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
BERNADED OKA ANGGARANI
NRP. 3311100056

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc
NIP. 19550128 198503 2 001

Disetujui oleh Co-Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Atiek Moesriati, M.Kes
NIP. 19570602 198903 2 002

SURABAYA
JANUARI 2015

PENINGKATAN EFEKTIFITAS PROSES KOAGULASI-FLOKULASI DENGAN MENGGUNAKAN ALUMINIUM SULFAT DAN *POLYDADMAC*

Nama Mahasiswa : Bernaded Oka Anggarani
NRP : 3311100056
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc
Dosen Co-Pembimbing : Ir. Atiek Moesriati, M.Kes

Abstrak

Bahan kimia yang dibubuhkan pada proses koagulasi-flokulasi di IPAM Ngagel III adalah aluminium sulfat (alum) dan polyacrylamide. Alum merupakan bahan kimia yang mudah didapat dan harga murah, sedangkan polyacrylamide harga mahal, yaitu Rp. 18.000 per kg. Dalam penelitian ini polyacrylamide diganti dengan polyDADMAC yang lebih murah, yaitu Rp. 12.000 per kg. Penggantian ini diharapkan dapat meningkatkan efektifitas proses koagulasi-flokulasi dalam penurunan kekeruhan dan dari segi ekonomi dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan. Penelitian ini menggunakan air baku buatan, yaitu air sungai Jagir ditambahkan lumpur intake PDAM Ngagel. Dosis optimum pada kekeruhan awal 30,4 NTU dan 40,5 NTU adalah 30 ppm alum dan 0,2 ppm polyDADMAC, dan pada kekeruhan awal 50,2 NTU adalah 50 ppm alum dan 0,2 ppm polyDADMAC. G dan td yang optimum untuk proses koagulasi pada kekeruhan awal 30,4 NTU adalah 347/detik selama 120 detik, 347/detik selama 90 detik untuk kekeruhan awal 40,5 NTU, 172/detik selama 90 detik pada kekeruhan awal 50,2 NTU. Pada proses flokulasi, G dan td optimum pada kekeruhan awal 30,4 NTU, 40,5 NTU, dan 50,2 NTU masing-masing 61/detik selama 15 menit, 61/detik selama 15 menit, dan 61/detik selama 25 menit. Biaya yang dikeluarkan dalam 1 bulan untuk alum dan polyDADMAC, serta energi dalam skala laboratorium pada kekeruhan awal 30,5 NTU dan 40,5 NTU adalah Rp 691.297.599 dan Rp 1.144.889.385 pada kekeruhan awal 50,2 NTU.

"Halaman Sengaja Dikosongkan"

INCREASING THE EFFECTIVENESS OF COAGULATION-FLOCCULATION PROCESS USING ALUMINUM SULPHATE AND POLYDADMAC

Student Name : **Bernaded Oka Anggarani**
NRP : **3311100056**
Department : **Teknik Lingkungan**
Supervisor : **Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc**
Co-Supervisor : **Ir. Atiek Moesriati, M.Kes**

Abstract

Chemicals are added in coagulation-flocculation process at IPAM Ngagel III are aluminum sulphate (alum) and polyacrylamide. Alum is an easily available and low price chemical, while polyacrylamide is high price chemical, Rp. 18.000 per kg. In this research, polyacrylamide is replaced with polyDADMAC that is cheaper than polyacrylamide's, Rp. 12.000 per kg. The replacement of polyDADMAC is expected to increase the effectiveness in coagulation-flocculation process in terms of decrease in turbidity and cost from financial side. This research used artificial raw water, Jagir River is added with sludge of intake PDAM Ngagel. Optimum dosage in the initial turbidity of 30,4 NTU and 40,5 NTU are 30 ppm alum and 0,2 ppm polyDADMAC, whereas the optimum dosage in the initial turbidity of 50,2 is 50 ppm alum and 0,2 ppm polyDADMAC. Optimum G and td for coagulation process in the initial turbidity of 30,4 NTU are 347/seconds during 120 seconds, 347/seconds during 90 seconds for 40,5 NTU, 172/seconds during 90 seconds for 50,2 NTU. In flocculation process, optimum G and td for each initial turbidity of 30,4 NTU, 40,5 NTU, and 50,2 NTU is 61/seconds during 15 minutes, 61/seconds during 15 minutes, and 61/seconds during 25 minutes. The cost during 1 month for alum and polyDADMAC, and also for the energy (laboratorium scale) in initial turbidity of 30,4 NTU and 40,5 NTU are Rp 691.297.599 and Rp 1.144.889.385 for initial turbidity of 50,2 NTU.

"Halaman Sengaja Dikosongkan"

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya, laporan tugas akhir yang berjudul **"PENINGKATAN EFEKTIFITAS PROSES KOAGULASI-FLOKULASI DENGAN MENGGUNAKAN ALUMINIUM SULFAT DAN *POLYDADMAC*"** ini dapat terselesaikan tepat waktu. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc selaku dosen pembimbing mata kuliah Tugas Akhir yang sabar dalam membimbing selama pengerjaan laporan tugas akhir.
2. Ir. Atiek Moesriati, M.Kes selaku dosen co-pembimbing mata kuliah Tugas Akhir yang telah membimbing dalam penyelesaian laporan tugas akhir.
3. Ir. M. Razif, M.M., Ir. Didik Bambang S., M.T., dan Alfan Purnomo, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dalam laporan tugas akhir.
4. Bapak–Bapak Laboran yang telah membantu dalam penelitian tugas akhir ini, sehingga dapat terselesaikan tepat waktu.
5. Kedua orang tua yang selalu memberikan doa dan semangat, sehingga dapat laporan tugas akhir dapat terselesaikan dengan lancar dan tepat waktu.
6. Teman-teman satu laboratorium yang telah berjuang bersama-sama untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
7. Teman-teman angkatan 2011 yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir.

Akhir kata, penyusun menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan kritik dan saran guna penyempurnaan laporan ini, sehingga dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, 22 Januari 2015

Penyusun

"Halaman Sengaja Dikosongkan"

DAFTAR ISI

ABSTRAK……..... i
ABSTRACT…… iii
KATA PENGANTAR……..... v
DAFTAR ISI……..... vii
DAFTAR TABEL…… ix
DAFTAR GAMBAR……xi

BAB I PENDAHULUAN……1
1.1 Latar Belakang……1
1.2 Rumusan Masalah……...2
1.3 Tujuan Penelitian…… 2
1.4 Manfaat Penelitian……...2
1.5 Ruang Lingkup…… 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA……... 5
2.1 Definisi Air Minum……....5
2.2 Stabilitas Koloid……....5
2.3 Koagulasi……...5
2.3.1 Jenis-Jenis Pengadukan……6
2.3.2 Kriteria Desain Pengaduk Cepat……... 6
2.4 Flokulasi……7
2.4.1 Cara Pengadukan Lambat……8
2.4.2 Jenis Flokulator……8
2.4.3 Kriteria Desai Pengaduk Lambat……...9
2.5 Mekanisme Koagulasi – Flokulasi…….....9
2.6 Aluminium Sulfat…….. 11
2.7 Polielektrolit……...12
2.6.1 *Polyacrylamide*…… 12
2.6.2 *PolyDADMAC*……13
2.7 Prinsip *Jar Test*……14

BAB III METODA PENELITIAN…… 15
3.1 Kerangka Penelitian…….....15
3.2 Pelaksanaan Penelitian…….. 16
3.2.1 Ide Penelitian……..... 16
3.2.2 Studi Literatur……17
3.2.3 Penentuan Lokasi Penelitian……..17

3.2.4 Peralatan dan Bahan Penelitian…….....17
3.2.5 Tahap Penelitian…….. 18
3.2.5.1 Penelitian Pendahuluan……18
3.2.5.1.1 Pembuatan Air Baku Buatan……18
3.2.5.1.2 Pembuatan Larutan Aluminium Sulfat, *PolyDADMAC*, dan *Polyacrylamide*……...18
3.2.5.1.3 Penentuan Dosis Optimum Aluminium Sulfat dan PolyDADMAC……19
3.2.5.2 Penelitian Utama……20
3.2.5.2.1 Perhitungan Nilai G Koagulasi -Flokulasi……20
3.2.6 Analisis dan Pembahasan…….. 22
3.2.7 Kesimpulan dan Saran…… 23

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN……25
4.1 Kondisi Awal Air Baku…….....25
4.2 Pembuatan Air Baku Buatan……..26
4.3 Penentuan Dosis Optimum Aluminium Sulfat dan PolyDADMAC……... 26
4.4 Penentuan Nilai Gradien Kecepatan (G) dan Lama Pengadukan (td)……...33

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN…… 95
5.1 Kesimpulan……95
5.2 Saran……..95

DAFTAR PUSTAKA……... 97
LAMPIRAN A…….. 101
LAMPIRAN B…….. 103
LAMPIRAN C…….. 115

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai K_T untuk Jenis-Jenis Impeller……7
Tabel 2.2 Kriteria Desain Pengaduk Cepat…… 7
Tabel 2.3 Kriteria Desain Pengaduk Lambat…… 9
Tabel 4.1 Nilai Kekeruhan dan pH Bulan Juni 2014…… 25
Tabel 4.2 Variasi Nilai G dan td …….. 33
Tabel 4.3 Hasil Pengecekan dengan Menggunakan *Polyacrylamide*……...88
Tabel 4.4 Analisis Pengeluaran Biaya jika Menggunakan Alum dan *PolyDADMAC*……..... 91
Tabel 4.5 Analisis Pengeluaran Biaya jika Menggunakan Alum dan *Polyacrylamide*…… 91
Tabel 4.6 Rincian Biaya Energi yang Dikeluarkan…… 92
Tabel 4.7 Rincian Biaya Energi yang Dikeluarkan untuk G td Optimal pada Masing-Masing Kekeruhan……93
Tabel 4.8 Total Biaya yang Dikeluarkan untuk Bahan Kimia (Alum dan PolyDADMAC) dan Energi……93

"Halaman Sengaja Dikosongkan"

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gaya – Gaya pada Koloid……11
Gambar 2.2 Struktur *Polyacrylamide*……... 13
Gambar 2.3 Struktur *PolyDADMAC*……..... 13
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian……..16
Gambar 3.2 Alur Penelitian Pendahuluan……...21
Gambar 3.3 Alur Penelitian Utama…… 22
Gambar 4.1 Grafik Penentuan Dosis Optimum dengan Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 27
Gambar 4.2 Grafik Penentuan Dosis Optimum dengan Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 30
Gambar 4.3 Grafik Penentuan Dosis Optimum dengan Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 30
Gambar 4.4 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 34
Gambar 4.5 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 34
Gambar 4.6 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 35
Gambar 4.7 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 36
Gambar 4.8 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 36
Gambar 4.9 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 37
Gambar 4.10 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi

30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 37
Gambar 4.11 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 38
Gambar 4.12 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 38
Gambar 4.13 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 30 rpm pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…… 39
Gambar 4.14 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 40
Gambar 4.15 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 40
Gambar 4.16 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 41
Gambar 4.17 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 41
Gambar 4.18 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 42
Gambar 4.19 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 42
Gambar 4.20 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm u-

ntuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 43
Gambar 4.21 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 43
Gambar 4.22 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 44
Gambar 4.23 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 40 rpm pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…… 45
Gambar 4.24 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 45
Gambar 4.25 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 46
Gambar 4.26 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 46
Gambar 4.27 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 47
Gambar 4.28 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 47
Gambar 4.29 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 48
Gambar 4.30 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Keke-

ruhan Awal 30,4 NTU…….. 48
Gambar 4.31 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 49
Gambar 4.32 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….. 49
Gambar 4.33 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 50 rpm pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…… 50
Gambar 4.34 Hasil rpm dan td Optimum Koagulasi dan Flokulasi pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU…….51
Gambar 4.35 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 52
Gambar 4.36 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 52
Gambar 4.37 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 53
Gambar 4.38 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 53
Gambar 4.39 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 54
Gambar 4.40 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 54
Gambar 4.41 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm u-

ntuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 55
Gambar 4.42 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 55
Gambar 4.43 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 56
Gambar 4.44 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 30 rpm pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…… 57
Gambar 4.45 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 58
Gambar 4.46 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 58
Gambar 4.47 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 59
Gambar 4.48 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 59
Gambar 4.49 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 60
Gambar 4.50 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 60
Gambar 4.51 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Keke-

ruhan Awal 40,5 NTU…….. 61
Gambar 4.52 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 61
Gambar 4.53 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 62
Gambar 4.54 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 40 rpm pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…… 63
Gambar 4.55 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 64
Gambar 4.56 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 64
Gambar 4.57 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 65
Gambar 4.58 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 65
Gambar 4.59 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 66
Gambar 4.60 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 66
Gambar 4.61 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 67

Gambar 4.62 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 67
Gambar 4.63 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….. 68
Gambar 4.64 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 50 rpm pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…… 69
Gambar 4.65 Hasil rpm dan td Optimum Koagulasi dan Flokulasi pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU…….69
Gambar 4.66 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 70
Gambar 4.67 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 71
Gambar 4.68 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 71
Gambar 4.69 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 72
Gambar 4.70 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 72
Gambar 4.71 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 73
Gambar 4.72 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Keke-

ruhan Awal 50,2 NTU…….. 73
Gambar 4.73 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 74
Gambar 4.74 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 74
Gambar 4.75 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 30 rpm pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…… 75
Gambar 4.76 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 76
Gambar 4.77 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 76
Gambar 4.78 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 77
Gambar 4.79 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 77
Gambar 4.80 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 78
Gambar 4.81 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 78
Gambar 4.82 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 79

Gambar 4.83 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 79
Gambar 4.84 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 80
Gambar 4.85 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 40 rpm pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…… 80
Gambar 4.86 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 81
Gambar 4.87 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 82
Gambar 4.88 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 82
Gambar 4.89 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 83
Gambar 4.90 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 83
Gambar 4.91 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 84
Gambar 4.92 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 84
Gambar 4.93 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi

50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 85
Gambar 4.94 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….. 85
Gambar 4.95 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 50 rpm pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…… 86
Gambar 4.96 Hasil rpm dan td Optimum Koagulasi dan Flokulasi pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU…….87

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Ngagel III Surabaya dibangun pada tahun 1982 oleh *Neptune Microfloc* (Amerika Serikat) dengan kapasitas 1.000 L/detik yang kemudian kapasitas ditingkatkan menjadi 1.750 L/detik dan air baku air minum yang digunakan oleh IPAM Ngagel III diambil dari air kali Surabaya, yaitu sungai Jagir Baku mutu yang digunakan mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001, sedangkan standar kualitas air minum yang digunakan sebagai acuan oleh IPAM Ngagel III adalah Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492 Tahun 2010.

IPAM Ngagel III menggunakan proses pengolahan air minum secara konvensional, tetapi tanpa menggunakan prasedimentasi, melainkan menggunakan kanal I, kanal II, dan kanal pembagi. Proses pengolahan dimulai dari intake, kanal I, kanal II, kanal pembagi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, kanal III, filter, desinfeksi, dan berakhir di reservoir.

Pada IPAM Ngagel III bahan kimia yang dibubuhkan pada proses koagulasi dan flokulasi adalah aluminium sulfat dan *polyacrylamide*. Fungsi aluminium sulfat adalah untuk menggabungkan partikel – partikel kecil menjadi lebih besar, yang disebut dengan flok, sedangkan *polyacrylamide* berfungsi untuk membuat flok yang telah terbentuk menjadi lebih besar lagi, sehingga lebih mudah untuk mengendap. Penggunaan aluminium sulfat dan *polyacrylamide* berdampak pada penurunan kekeruhan terhadap air baku. Aluminium sulfat merupakan bahan kimia yang mudah didapat dan harga murah, sedangkan *polyacrylamide* mudah didapat namun harga mahal, yaitu Rp. 18.000 per kg, sehingga dapat meningkatkan biaya produksi. Maka, dalam penelitian ini *polyacrylamide* diganti dengan bahan kimia yang mudah didapat, namun harga lebih murah, yaitu *polyDADMAC* atau *polyDADMAC* dengan harga Rp. 12.000 per kg. Untuk itu, penggantian *polyacrylamide* dengan *polyDADMAC* diharapkan dapat meningkatkan efektifitas di dalam proses pembubuhan bahan kimia pada proses koagulasi dan flokulasi agar dapat dihasilkan dosis yang optimum, sehingga menghasilkan nilai

kekeruhan yang memenuhi standar kualitas air minum. Selain itu, dari segi ekonomi penggantian *polyacrylamide* dengan *polyDADMAC* dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan, sehingga menghemat biaya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Berapa dosis optimum aluminium sulfat dan *polyDADMAC* untuk kekeruhan awal 30,4 NTU, 40,5 NTU, dan 50,2 NTU ?
2. Berapa gradien kecepatan (G) dan lama pengadukan (td) yang optimum untuk kekeruhan awal 30,4 NTU, 40,5 NTU, dan 50,2 NTU ?
3. Berapa biaya yang dikeluarkan dalam skala laboratorium untuk bahan kimia (alum dan *polyDADMAC*) dan energi selama satu bulan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi dosis optimum aluminium sulfat dan *polyDADMAC* untuk kekeruhan awal 30,4 NTU, 40,5 NTU, dan 50,2 NTU.
2. Menganalisis gradien kecepatan (G) dan lama pengadukan (td) yang optimum untuk kekeruhan awal 30,4 NTU, 40,5 NTU, dan 50,2 NTU.
3. Menghitung biaya yang dikeluarkan dalam skala laboratorium untuk bahan kimia (alum dan *polyDADMAC*) dan energi selama satu bulan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan solusi kepada pihak terkait, seperti PDAM Ngagel mengenai dosis optimum dari aluminium sulfat dan *polyDADMAC* untuk kekeruhan awal yang digunakan dalam percobaan kali ini, yaitu 30,4 NTU, 40,5 NTU, dan 50,2 NTU yang berdasarkan atas pertimbangan biaya yang dikeluarkan. Selain itu, menganalisis gradien kecepatan (G) dan lama pengadukan (td) dengan metode *jar test* dengan melihat kekeruhan akhir yang terendah.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian dengan skala laboratorium ini adalah :

1. Lokasi penelitian berada di Laboratorium Pemulihan Air Teknik Lingkungan, ITS.
2. Pengambilan sampel air baku berada di sungai Jagir.
3. Kekeruhan buatan menggunakan lumpur yang berasal dari intake PDAM Ngagel.
4. Parameter yang diuji adalah dosis aluminium sulfat dan *polyDADMAC* dan sebagai kontrol adalah *polyacrylamide*, serta gradien kecepatan (G) dan lama pengadukan (td) pada proses koagulasi dan flokulasi dengan metode *jar test*.
5. Parameter yang digunakan dalam standar kualitas air minum yang mengacu pada PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum adalah parameter kekeruhan dengan batas maksimal yang diijinkan adalah 5 NTU.

"Halaman Sengaja Dikosongkan"

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Air Minum

Menurut Permenkes No. 416/MENKES/PER/IX/1990 pengertian air minum adalah air yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air minum aman bagi kesehatan apabila telah memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang telah ditetapkan (Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010).

2.2 Stabilitas Koloid

Partikel tersuspensi biasanya terdapat di dalam air baku. Partikel tersuspensi dapat berupa koloid. Partikel tersebut sulit untuk mengendap secara langsung dikarenakan adanya stabilitas suspensi koloid yang terjadi karena (Masduqi, 2012):

- Gaya Van der Waals
  Gaya Van der Waals merupakan gaya tarik – menarik antara dua massa yang bergantung pada jarak.
- Gaya Elektrostatik
  Gaya elektrostatik biasa disebut dengan zeta potensial. Gaya ini merupakan gaya yang menjaga suspensi koloid pada keadaan stabil. Suspensi koloid sebagian besar bermuatan listrik. Kestabilan koloid terjadi karena adanya gaya tolak menolak antar koloid yang bermuatan sama.
- Gerak Brown
  Gerak Brown ialah gerakan partikel – partikel koloid yang tidak beraturan (acak) karena ukuran partikel cukup kecil, maka tumbukan yang terjadi cenderung tidak seimbang.

2.3 Koagulasi

Koagulasi merupakan proses pembubuhan bahan kimia (koagulan) dalam pengolahan air minum untuk memperbaiki kualitas air untuk aktivitas sehari – hari dikarenakan materi tersuspensi dan kontaminan yang secara efisien dapat tersisihkan. Di dalam proses koagulasi, dilakukan pengadukan cepat yang bertujuan untuk mendispersikan koagulan hingga rata dengan waktu yang singkat untuk memperkecil pecahnya flok menjadi partikel-partikel kecil tersuspensi.

2.3.1 Jenis - Jenis Pengadukan

Pengadukan cepat dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain :

- Pengadukan Mekanis

  Pengaduk cepat mekanis mempunyai karakteristik besar turbulensi tergantung pada daya motor dan tidak tergantung pada debit aliran (Hadi, 2012). Contoh alat pengaduk (*impeller*) antara lain adalah (Reynold dan Richards, 1996):

  - *Paddle* dengan putaran 2 – 150 rpm
  - *Turbine* dengan putaran 10 – 150 rpm
  - *Propeller* dengan putaran 150 – 1500 rpm

  Pengadukan mekanis berlangsung dalam waktu yang singkat. Faktor yang penting dalam perancangan alat pengaduk adalah G dan td (Masduqi, 2012).

- Pengadukan Hidrolis

  Pengadukan hidrolis adalah pegadukan yang memanfaatkan gerakan air sebagai tenaga pengadukan. Pengadukan jenis ini terhantung pada debit aliran dan besar turbulensi tergantung pada perbedaan muka air. Beberapa contoh pengadukan hidrolis adalah terjunan air, *flumes,* dan *weir.*

2.3.2 Kriteria Desain Pengaduk Cepat

Gradien kecepatan (G) dan power (P) dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut.

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu . V}}$$

$$P = K_T \cdot n^3 \cdot Di^5 \cdot \rho$$

Dimana : P = suplai tenaga ke air (N.m/detik)

μ = viskositas absolut air (N.detik/m^2)

V = volume air yang diaduk (m^3)

K_T = konstanta pengaduk untuk aliran turbulen

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

n = kecepatan putaran (rps)

Nilai K_T untuk jenis-jenis impeller dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Nilai K_T untuk Jenis-Jenis Impeller

Jenis Impeller	K_T
Propeller, pitch of 1,3 blades	0,32
Propeller, pitch of 2,3 blades	1,00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	5,75
Turbine, 6 curved blades	4,80
Fan turbine, 6 blades at 45°	1,65
Shroude turbine, 6 curved blades	1,08
Shrouded turbine, with stator, no baffles	1,12
Flat paddles, 2 blades (single paddle), Di/Wi = 4	2,25
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi = 6	1,70
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi = 8	1,15
Flat paddles, 4 blades, Di/Wi = 6	2,75
Flat paddles, 6 blades, Di/Wi = 8	3,82

Sumber : Reynold dan Richards dalam Masduqi, 2012

Kriteria desain bangunan pengaduk cepat dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kriteria Desain Pengaduk Cepat

Pengaduk Cepat	Kriteria Desain
Gradien kecepatan (G) *)	250 - 1500 $detik^{-1}$
Waktu detensi (td) **)	60 – 180 detik
G.td ***)	10^4 - 10^5

*Sumber : *) Ebeling, 2004*
***) Samosir, 2009*
****) Hadi, 2012*

2.4 Flokulasi

Flokulasi adalah suatu proses penggumpalan partikel-partikel terdestabilisasi menjadi partikel-partikel berukuran besar, yang disebut dengan flok, sehingga mudah untuk mengendap. Gradien kecepatan merupakan faktor penting dalam proses ini. Jika nilai gradien kecepatan terlalu cepat atau besar akan mencegah pembentukan flok atau flok pecah kembali, akibatnya sulit mengendap.

2.4.1 Cara Pengadukan Lambat

Pada proses pengadukan lambat dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu :

1. Cara mekanis

   Pengaduk cepat mekanis mempunyai karakteristik besar turbulensi tergantung pada daya motor dan tidak tergantung pada debit aliran (Hadi, 2012). Contoh alat pengaduk (*impeller*) antara lain adalah (Reynold dan Richards, 1996):

   - *Paddle* dengan putaran 2 – 150 rpm
   - *Turbine* dengan putaran 10 – 150 rpm
   - *Propeller* dengan putaran 150 – 1500 rpm

   Pengadukan mekanis membutuhkan tiga kompartemen pada umumnya dengan syarat nilai G di kompartemen I harus lebih besar daripada nilai G di kompartemen II dan nilai G di kompartemen III paling kecil (Masduqi, 2012).

2. Cara hidrolis

   Aliran air dibuat lebih tenang dan menghindari turbulensi agar flok yang terbentuk tidak pecah lagi. Contoh pengadukan hidrolis untuk pengadukan lambat adalah *baffle channel, perforated well,* dan *gravel bed* (Masduqi, 2012).

3. Pengadukan Pneumatis

   Pengadukan yang menggunakan udara (gas) berbentuk gelembung sebagai tenaga pengadukan yang kemudian diinjeksikan ke dalam air dan menimbulkan turbulensi (Masduqi, 2012).

2.4.2 Jenis Flokulator

Beberapa jenis flokulator yang pengadukannya dilakukan secara hidrolis, antara lain (Hadi, 2012) :

1. *Baffle channel flocculator*

   Merupakan flokulator yang berbentuk saluran yang dilengkapi dengan baffle. Adapun jenis baffle channel flokulator ini ada 2, yakni :

   - *Around the end baffle channel*
   - *Over and under baffle channel*

2. *Gravel Bed Flocculator*

   Flokulator jenis ini menggunakan media kerikil untuk sistem pengadukannya dan mampu mengendapkan flok diantara batuan.

3. *Hydraulic Jet Flocculator*
   Flokulator jenis ini menggunakan sekat yang diperforasi, dimana membatasi satu kompartemen dengan kompartemen yang lainnya, sehingga dapat diciptakan gradien kecepatan yang semakin menurun dan proses flokulasi berjalan sempurna.

2.4.3 Kriteria Desain Pengaduk Lambat

Gradien kecepatan (G) dan power (P) dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut.

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu.V}}$$

$$P = K_T \cdot n^3 \cdot Di^5 \cdot \rho$$

Dimana : P = suplai tenaga ke air (N.m/detik)
μ = viskositas absolut air (N.detik/m^2)
V = volume air yang diaduk (m^3)
K_T = konstanta pengaduk untuk aliran turbulen
ρ = massa jenis air (kg/m^3)
n = kecepatan putaran (rps)

Tabel 2.3 merupakan kriteria desain bangunan pengaduk lambat.

Tabel 2.3 Kriteria Desain Pengaduk Lambat

Kriteria	Nilai
Gradien Kecepatan (G) *)	20 – 80 $detik^{-1}$
Waktu Detensi (td) **)	15 – 45 menit
G.td **)	10^4 - 10^5

*Sumber : *) Lee dan Lin, 2000*
***) Droste, 1977*

2.5 Mekanisme Koagulasi – Flokulasi

Unit proses koagulasi terdiri dari tiga langkah menurut Ebeling (2004), yaitu :

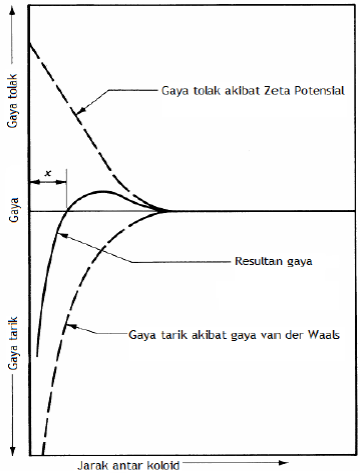
1. Pengadukan cepat (*rapid mixing*) – bahan-bahan kimia yang sesuai (koagulan dan flokulan) ditambahkan dalam air yang kemudian diaduk dengan kecepatan tinggi.

2. Pengadukan lambat (*slow mixing*) – air diaduk dengan kecepatan yang rendah yang bertujuan untuk membentuk flok – flok yang besar, yang mudah mengendap.
3. Pengendapan (*sedimentation*) – flok yang terbentuk selama proses flokulasi dibiarkan mengendap dan kemudian dipisahkan dengan effluen.

Koagulasi merupakan proses destabilisasi partikel-partikel koloid. Di dalam air baku terdapat partikel – partikel koloid yang sebagian besar bermuatan negatif. Partikel – partikel koloid ini saling tolak - menolak satu sama lain, sehingga partikel koloid tetap pada kondisi stabil. Oleh karena itu, dilakukan netralisasi dengan membubuhkan bahan kimia yang bermuatan positif dengan kecepatan putaran yang tinggi dalam waktu yang singkat, yaitu 15-60 detik.

Partikel – partikel tersebut menarik ion – ion positif yang kemudian menyelubungi partikel – partikel koloid dan membentuk lapisan rapat di dekat permukaan. Lapisan rapat yang terdiri dari ion – ion positif disebut dengan lapisan *stern*. Lapisan *stern* dikelilingi lagi oleh ion – ion yang berlawanan muatan yang disebut lapisan difusi. Di dalam lapisan difusi terdapat satu bidang geser (*shear plane*) yang merupakan batas dimana ion – ion yang berlawanan muatan dapat tersapu dari permukaan partikel. Ion – ion di dalam bidang geser bergerak bersama partikel, sedangkan yang berada di luar bidang geser bergerak dengan sendirinya. Ion – ion positif yang mengelilingi partikel koloid dan muatan – muatan permukaannya disebut dengan lapisan ganda (*double layer*) (Rambe, 2009).

Konsentrasi ion positif dan ion negatif harus seimbang atau cukup kuat agar terjadi netralisasi muatan negatif dari partikel koloid. Proses netralisasi akan sukar terjadi apabila konsentrasi ion positif rendah. Karena perbedaan konsentrasi antara ion positif dan ion negatif terbentuk medan elektrostatik. Potensial dari medan elektrostatik terdapat dalam bidang geser. Potensial inilah yang disebut dengan zeta potensial (gaya tolak menolak antar partikel koloid).



Gambar 2.1 Gaya – Gaya pada Koloid

Sumber : Masduqi, 2012

Flokulasi merupakan proses setelah koagulasi dalam pengolahan air minum. Di dalam proses flokulasi, partikel – partikel koloid yang telah mengalami destabilisasi akan membentuk partikel – partikel yang lebih besar dan menggumpal. Partikel – partikel ini disebut dengan flok. Pada proses ini, biasanya dilakukan pengadukan lambat dengan kecepatan yang rendah karena kecepatan tinggi akan mengakibatkan flok – flok yang terbentuk akan pecah kembali, sehingga ukurannya menjadi kecil dan terdipersi halus (Rambe, 2009). Waktu kontak untuk flokulasi mempunyai nilai 15-45 menit hingga 1 jam atau lebih.

2.6 Aluminium Sulfat

Aluminium sulfat atau alum merupakan koagulan yang paling sering digunakan dalam pengolahan air karena harga relatif murah, mudah untuk dioperasikan dan disimpan. Alum tersedia dalam bentuk bubuk (*powder*) atau larutan (*solution*). Rumus kimia dari aluminium sulfat adalah $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$.

Pembentukan flok aluminium hidroksida ($Al(OH)_3$) merupakan hasil reaksi antara koagulan yang bersifat asam dan

alkalinitas alami yang terdapat dalam air yang biasanya mengandung kalsium karbonat.

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 \leftrightarrow 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6CO_2$$

Jika air tidak mempunyai alkalinitas yang cukup, maka ditambahkan *hydrated lime*, sodium hidroksida (soda kaustik) atau sodium karbonat (abu soda).

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 \leftrightarrow 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4$$

Jika ditambahkan abu soda, maka terjadi reaksi berikut.

$$Al_2(SO_4)_3 + 3NaCO_3 + 3H_2O \leftrightarrow 2Al(OH)_3 + 3NaSO_4 + 3CO_2$$

Dari persamaan reaksi di atas, aluminium hidroksida ($Al(OH)_3$) yang akan membentuk endapan. Ion H^+ yang terbentuk pada setiap reaksi akan menurunkan pH. Rentang nilai pH efektif untuk proses koagulasi adalah 5,5 – 8.

Aluminium sulfat terlarut dapat melewati filter dan kemudian mengendap di bagian bawah reservoir atau sistem distribusi. Maka dari itu, penting untuk mengontrol pH selama proses pengolahan ketika menggunakan aluminium sulfat (Leopold, 2009). Dikarenakan alum bersifat korosif, maka penyimpanan alum di dalam tanki harus diberikan lapisan (EPA, 2002).

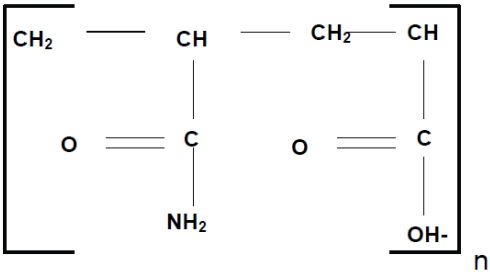
2.7 Polielektrolit

Polielektrolit atau *polymeric flocculant* yang digunakan dalam pengolahan air adalah polimer yang *water soluble*, sehingga dapat tercampur dengan air dan menghasilkan polimer bermuatan. Polielektrolit adalah molekul organik berantai panjang. Polielektrolit berdasarkan muatannya dibagi menjadi tiga, yaitu kationik, anionik, dan non-ionik. Polielektrolit digunakan dalam pengolahan air sebagai flokulan dengan alum dan terkadang digunakan sebagai flokulan utama pengganti koagulan inorganik dan mengurangi massa lumpur yang diproduksi (EPA, 2002). Semua jenis polielektrolit mempunyai berat molekul antara 10^4 hingga 10^7.

2.6.1 *Polyacrylamide*

Polyacrylamide atau polimer *acrylamide* merupakan polimer yang larut dalam air. A*crylamide* sendiri merupakan bahan kimia yang bertoksiksitas tinggi. *Polyacrylamide* bermuatan anionik, nonionik, kationik. Polimer ini digunakan

sebagai flokulan dalam pengolahan air minum. *Polyacrylamide* anion yang paling sering digunakan. Pada umumnya, polimer ini ditambahkan setelah bahan koagulan yang pertama, seperti tawas. Pada umumnya *polyacrylamide* digunakan untuk membuat flok lebih besar dan cepat mengendap karena mempunyai berat molekul yang tinggi (Ariffin, 2012). Dalam pengaplikasiannya dalam pengolahan air minum harus dikontrol karena *polyacrylamide* ini bersifat karsinogenik. Dosis maksimum yang digunakan adalah dibawah 1 mg/L karena kelebihan dosis dapat menyumbat filter. Gambar 2.2 merupakan struktur molekul dari *polyacrylamide*.

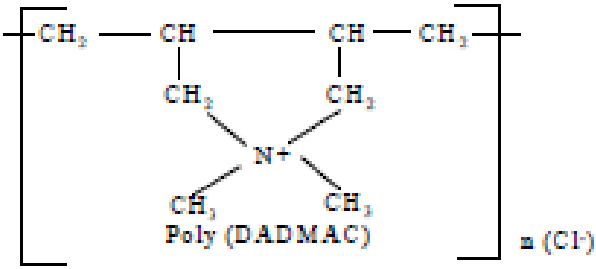


Gambar 2.2 Struktur *Polyacrylamide*

Sumber : Leopold, 2009

2.6.2 *PolyDADMAC*

Polydiallyldimethylammonium chloride atau *polyDADMAC* merupakan polielektrolit dengan jenis muatan positif (kation). *PolyDADMAC* mempunyai rumus molekul yang dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur *PolyDADMAC*

Sumber : Leopold, 2009

PolyDADMAC merupakan polimer yang memiliki densitas muatan yang tinggi dan mempunyai banyak muatan positif. Dikarenakan memiliki densitas muatan yang tinggi, maka dapat menggabungakan partikel tersuspensi menjadi efektif dalam proses flokulasi, menghilangkan warna, membunuh alga dan menghilangkan organik seperti humus (Sang-kyu dan John dalam Mwangi, 2013). Keuntungan dari penggunaan polimer ini adalah mempunyai muatan postif yang besar dan *pH – insensitive* (Tripathy, 2006). Selain itu, *polyDADMAC* bersifat larut dalam air dan *biodegradable* dalam air. *PolyDADMAC* juga beresiko pada kesehatan jika bereaksi dengan klorin memproduksi air dengan kandungan karsinogenik (Mwangi, 2013), maka dari itu dosis yang digunakan sangat rendah, yaitu kurang dari 1 mg/L (BARR, 2013). Untuk menghilangkan *polyDADMAC* yang tidak bereaksi di dalam air, maka dilakukan adsorpsi dengan *sand filter* (Nozaic, 2000).

2.8 Prinsip *Jar Test*

Jar test merupakan sebuah cara untuk mengetahui tingkat kekeruhan suatu sampel air dan menentukan dosis pemakaian bahan kimia yang dilakukan di laboratorium. Proses pembubuhan bahan kimia harus ditentukan dengan dosis tertentu untuk menurunkan kadar polutan yang terdapat dalam air (Susanto, 2008). Prinsip melakukan *jar test* pada proses koagulasi dan flokulasi adalah (Efriendi, 2008):

1. Pelarutan reagen melalui pengadukan cepat selama 1 menit dengan kecepatan 100 rpm.
2. Pengadukan lambat untuk pembentukan flok - flok selama 15 menit dengan kecepatan 40-60 rpm.
3. Proses sedimentasi selama 15 menit.

Pada penelitian Ebeling (2004), kecepatan pada pengadukan cepat (proses koagulasi) diatur dimulai dari 50 rpm hingga 225 rpm dan pada pengadukan lambat, kecepatan pengadukan yang digunakan dimulai dari 10 rpm hingga 40 rpm, dimana waktu pengendapan yang dibutuhkan dimulai dari 5 menit hingga 45 menit.

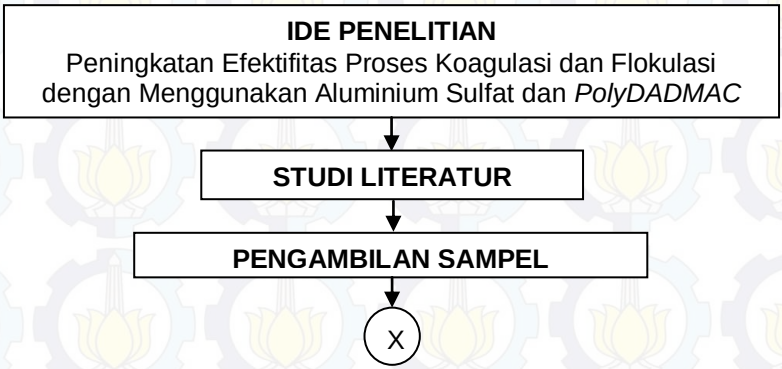
BAB III
METODA PENELITIAN

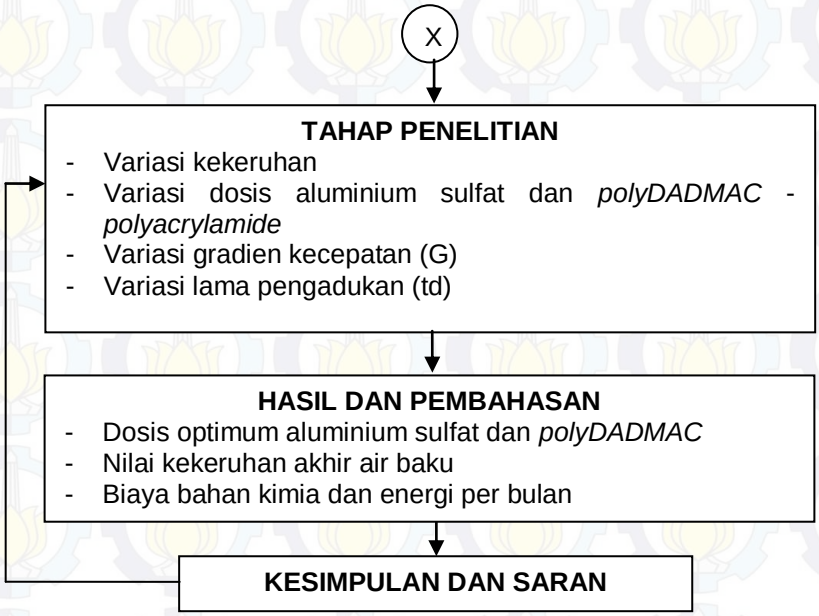
3.1 Kerangka Penelitian

Koagulasi dan flokulasi merupakan salah satu proses penting dalam pengolahan air minum karena dalam proses ini terdapat pembubuhan bahan kimia yang dapat menurunkan nilai kekeruhan air, sehingga dapat diketahui efektifitas dari pembubuhan bahan kimia terhadap nilai kekeruhan air.

Sampel yang digunakan pada penelitian ini diambil dari sungai Jagir, dimana sungai Jagir merupakan air baku yang digunakan oleh PDAM Ngagel untuk memenuhi kebutuhan masyarakat kota Surabaya akan air bersih. Kemudian, dilakukan pembuatan kekeruhan buatan dengan menambahkan lumpur dari intake PDAM Ngagel ke dalam air sampel yang berasal dari sungai Jagir dengan tiga variasi nilai kekeruhan. Kemudian, dilakukan proses koagulasi dan flokulasi dengan menggunakan metode *jar test* untuk menentukan dosis optimum aluminium sulfat dan *polyDADMAC* yang berdasarkan kecepatan pengadukan atau gradien kecepatan (G) dan waktu pengadukan (td).

Metode penelitian yang disusun berbentuk kerangka penelitian yang merupakan dasar pemikiran yang digunakan dalam melaksanakan penelitian yang disusun secara sistematis. Kerangka penelitian pada Gambar 3.1 menjelaskan keefektifan penggunaan aluminium sulfat dan *polyDADMAC* dalam bangunan koagulasi dan flokulasi.





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.2 Pelaksanaan Penelitian

Tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian kali ini akan dijelaskan dalam pelaksanaan penelitian. Pelaksanaan penelitian dimaksudkan untuk memudahkan dalam melakukan penelitian. Berikut merupakan tahapan dalam pelaksaan penelitian.

3.2.1 Ide Penelitian

Ide penelitian bermaksud untuk mendapatkan dosis optimum dari aluminium sulfat dan *polyDADMAC* berdasarkan nilai kekeruhan air, agar nilai kekeruhan menurun setelah melalui proses koagulasi dan flokulasi dan dapat menghasilkan air produksi dengan kekeruhan yang memenuhi standar kualitas air minum menurut PERMENKES RI No.492 Tahun 2010. Selain itu, diharapkan dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk aluminium sulfat dan *polyDADMAC*.

3.2.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk membantu memahami permasalahan yang akan dianalisis, yaitu nilai kekeruhan air. Sumber studi literatur yang digunakan untuk menganalisis permasalahan, yaitu :

- Buku teks
- Jurnal
- Laporan penelitian terdahulu
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010
- Internet

3.2.3 Penentuan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian akan dilakukan di Laboratorium Pemulihan Air Teknik Lingkungan FTSP ITS. Sampel yang digunakan diambil dari sungai Jagir Surabaya sebelum pintu air Jagir. Sampel disimpan ke dalam wadah atau jirigen berukuran 30 liter sebanyak 6 buah.

3.2.4 Peralatan dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam proses koagulasi dan flokulasi dengan menggunakan metode *jar test* adalah:

a. Alat
   1. *Jar test*
   2. Beaker Glass volume 1000 mL sebanyak 6 buah
   3. Pipet ukur 10 mL sebanyak 1 buah
   4. Pipet ukur 5 mL sebanyak 1 buah
   5. Propipet sebanyak 1 buah
   6. Turbidimeter
   7. pH meter

b. Bahan
   1. Air sungai Jagir Surabaya
   2. Lumpur intake PDAM Ngagel
   3. Aluminium sulfat
   4. *PolyDADMAC*
   5. *Polyacrylamide*

3.2.5 Tahap Penelitian

Tahap – tahap yang dilakukan dalam penelitian kali ini dibagi menjadi dua, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Tujuan dilakukannya penelitian pendahuluan adalah untuk memperoleh dosis optimum aluminium sulfat dan *polyDADMAC* dan penelitian utama bertujuan untuk mencari kecepatan pengadukan dan lama pengadukan yang optimum dengan metode *jar test.*

3.2.5.1 Penelitian Pendahuluan

Dalam penelitian pendahuluan, tahap – tahap yang dilakukan adalah pembuatan air baku buatan, pembuatan larutan aluminium sulfat dan *polyDADMAC*, penentuan dosis optimum dengan metode *jar test*.

3.2.5.1.1 Pembuatan Air Baku Buatan

Air baku yang diambil dari sungai Jagir dibuat dengan mencampurkan lumpur intake PDAM Ngagel dengan nilai kekeruhan yang berbeda, yaitu 30 NTU, 40 NTU, dan 50 NTU di dalam ember berukuran 15 liter.

3.2.5.1.2 Pembuatan Larutan Aluminium Sulfat, *PolyDADMAC*, dan *Polyacrylamide*

a. Pembuatan Larutan Aluminium Sulfat

Larutan aluminium sulfat dibuat dengan konsentrasi 1%, yaitu dengan menimbang 10 gram aluminium sulfat yang dilarutkan dengan aquades 1000 mL di dalam beaker glass 1000 mL. Perhitungan berapa banyak aluminium sulfat yang dibutuhkan dalam air baku sebagai berikut.

10 gram/liter = 10.000 ppm
= 10.000 mg/L

Untuk konsentrasi 30 mg/L

$V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

$V_1 . 10.000 = 1000 . 30$

$V_1 = \frac{30.000}{10.000}$

$V_1 = 3$ mL

Sehingga, untuk konsentrasi aluminium sulfat 30 mg/L = 3 mL, 40 mg/L = 4 mL, 50 mg/L = 5 mL

b. Pembuatan Larutan *PolyDADMAC*

Larutan *polyDADMAC* dibuat dengan menimbang 1 gram *polyDADMAC* yang dilarutkan dengan aquades 1000 mL di dalam beaker glass 1000 mL. Perhitungan berapa banyak *supefloc* yang dibutuhkan dalam air baku sebagai berikut.

1 gram/liter = 1.000 ppm
= 1.000 mg/L

Untuk konsentrasi 0,1 mg/L

$V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

$V_1 . 1.000 = 1000 . 0,1$

$V_1 = \frac{100}{1.000}$

$V_1 = 0,1$ mL

Sehingga, untuk konsentrasi *polyDADMAC* 0,1 mg/L = 0,1 mL, 0,2 mg/L = 0,2 mL, 0,3 mg/L = 0,3 mL

c. Pembuatan Larutan *Polyacrylamide*

Larutan *polyacrylamide* dibuat dengan menimbang 1 gram *polyacrylamide* yang dilarutkan dengan aquades 1000 mL di dalam beaker glass 1000 mL. Perhitungan berapa banyak *polyacrylamide* yang dibutuhkan dalam air baku sebagai berikut.

1 gram/liter = 1.000 ppm
= 1.000 mg/L

Untuk konsentrasi 0,1 mg/L

$V_1 . M_1 = V_2 . M_2$

$V_1 . 1.000 = 1000 . 0,1$

$V_1 = \frac{100}{1.000}$

$V_1 = 0,1$ mL

Sehingga, untuk konsentrasi *polyacrylamide* 0,1 mg/L = 0,1 mL, 0,2 mg/L = 0,2 mL, 0,3 mg/L = 0,3 mL

3.2.5.1.3 Penentuan Dosis Optimum Aluminium sulfat dan *PolyDADMAC*

Dosis optimum didapatkan dengan melihat hasil yang mempunyai nilai kekeruhan terendah dengan metode *jar test*. Kecepatan pengadukan yang digunakan untuk proses koagulasi adalah 100 rpm selama 60 detik, sedangkan untuk proses

flokulasi digunakan 40 rpm selama 15 menit, kemudian diendapkan selama 15 menit. Variasi dosis yang digunakan untuk aluminium sulfat adalah 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm, dan 60 ppm, sedangkan variasi dosis *polyDADMAC* yang digunakan adalah 0,1 ppm, 0,2 ppm, 0,3 ppm, 0,4 ppm, dan 0,5 ppm. Alur penelitian pendahuluan dapat dilihat pada Gambar 3.2.

3.2.5.2 **Penelitian Utama**

Penelitian utama dilakukan dengan metode yang sama dengan penelitian pendahuluan, yaitu dengan menggunakan metode *jar test.* Hasil dosis optimum aluminium sulfat dan *polyDADMAC* dari penelitian pendahuluan digunakan untuk menentukan kecepatan pengadukan dan lama pengadukan yang paling optimum untuk masing – masing nilai kekeruhan, sehingga menghasilkan nilai kekeruhan terendah. Variasi kecepatan pengadukan dalam proses koagulasi adalah 100 rpm (172/detik), 130 rpm (254/detik), dan 160 rpm (347/detik) dan variasi lama pengadukan adalah 60 detik, 90 detik, dan 120 detik. Dalam proses flokulasi digunakan variasi kecepatan pengadukan 30 rpm (28/detik), 40 rpm (43/detik), dan 50 rpm (61/detik) dan variasi lama pengadukan adalah 15 menit, 20 menit, 25 menit. Alur penelitian utama dapat dilihat pada Gambar 3.3.

3.2.5.2.1 Perhitungan Nilai G Koagulasi-Flokulasi

Nilai G diperoleh berdasarkan kecepatan putaran pada alat *jar test* yang digunakan di laboratorium. Berikut salah satu contoh perhitungan nilai G koagulasi-flokulasi.

- <u>Koagulasi : 100 rpm (1,67 rps)</u>

  $P = K_T \cdot n^3 \cdot Di^5 \cdot \rho$

  $= 2{,}55 \cdot (1{,}67)^3 \text{ rps} \cdot (0{,}075)^5 \text{m} \cdot 996{,}26 \text{ kg/m}^3$

  $= 0{,}028 \text{ N.m/detik}$

  $G = \sqrt{\frac{P}{\mu.V}} = \sqrt{\frac{0{,}028\ N.m/detik}{0{,}0008363\ N.detik/m2\ .0{,}001m3}} = 172/\text{detik}$

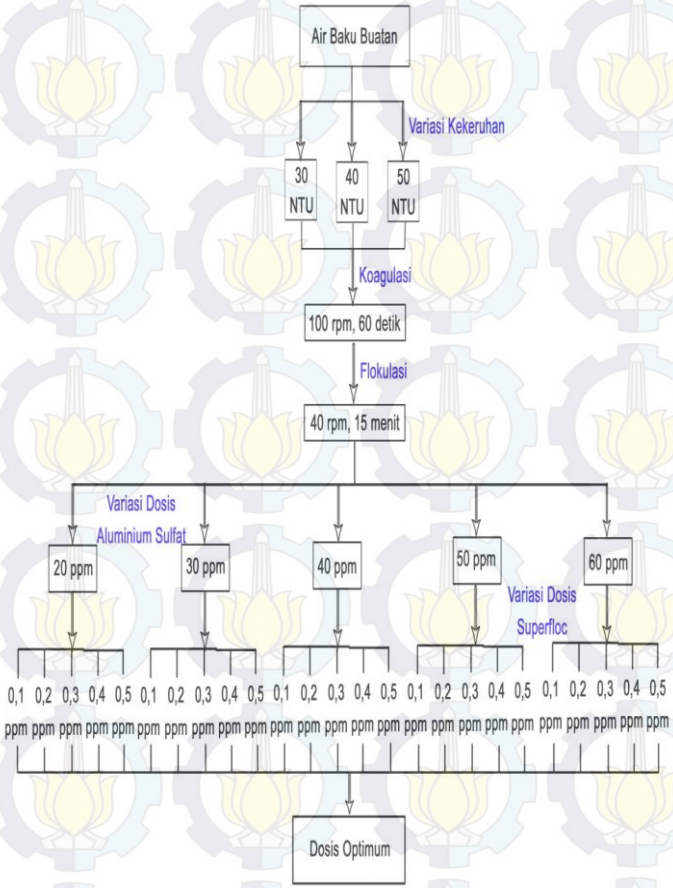
- <u>Flokulasi : 30 rpm (0,5 rps)</u>

  $P = K_T \cdot n^3 \cdot Di^5 \cdot \rho$

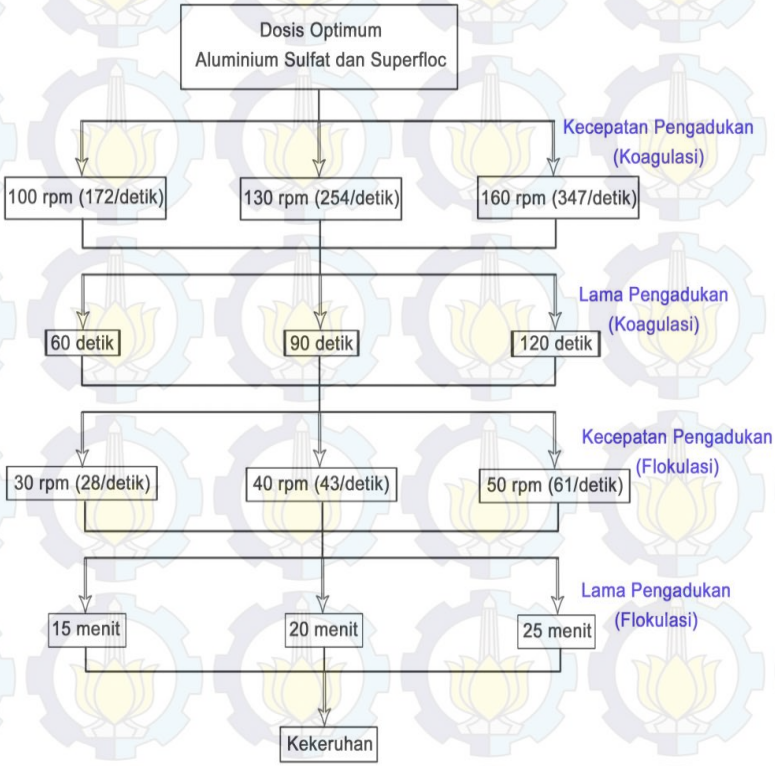
  $= 2{,}55 \cdot (0{,}5)^3 \text{ rps} \cdot (0{,}075)^5 \text{ m} \cdot 996{,}26 \text{ kg/m}^3$

  $= 0{,}00075 \text{ N.m/detik}$

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu.V}} = \sqrt{\frac{0{,}00075\ N.m/detik}{0{,}0008363\ N.detik/m2\ .0{,}001m3}} = 28/\text{detik}$$



Gambar 3.2 Alur Penelitian Pendahuluan



Gambar 3.3 Alur Penelitian Utama

3.2.6 Analisis dan Pembahasan

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai kekeruhan pada air baku buatan. Hasil penelitian yang akan dianalisis, antara lain:

- Penentuan dosis optimum aluminium sulfat dan *polyDADMAC* dengan metode *jar test.*
- Penentuan kecepatan pengadukan dan lama pengadukan.
- Nilai kekeruhan akhir air baku diperoleh setelah menentukan dosis optimum aluminium sulfat dan *polyDADMAC* dengan kecepatan dan lama pengadukan yang efektif.

- Pengontrolan dengan menggunakan *polyacrylamide*.

Setelah dilakukan uji pada kekeruhan air baku, maka dapat dilakukan dengan menyajikan data dalam bentuk tabel dan grafik dan diharapkan dapat menjawab tujuan penelitian ini. Dengan melihat tabel dan grafik dapat diketahui dosis optimum yang digunakan oleh aluminium slufat dan *polyDADMAC* dengan kecepatan dan lama pengadukan yang efektif berdasarkan hasil dari kekeruhan akhir yang terendah.

3.2.7 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan diperoleh berdasarkan hasil analisis penelitian dengan menjawab tujuan yang telah ditentukan dalam penelitian kali ini. Hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diberikan saran agar dapat memperbaiki kekurangan dalam penelitian selanjutnya.

"Halaman Sengaja Dikosongkan"

BAB IV
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Penelitian tugas akhir yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan dosis optimum aluminium sulfat dan *polyDADMAC* dengan kecepatan pengadukan dan lama pengadukan yang efektif pada proses koagulasi dan flokulasi. Dalam penelitian ini, air yang digunakan sebagai air baku adalah air yang berasal dari sungai Jagir dengan menambahkan lumpur dari intake PDAM Ngagel untuk mendapatkan kekeruhan buatan.

4.1 Kondisi Awal Air Baku

Kondisi awal air baku merupakan kondisi air baku setelah melalui kanal II, berfungsi sebagai prasedimentasi. Kondisi awal air baku berupa data sekunder yang diperoleh dari Instalasi Pengolahan Air Minum Ngagel III yang terdiri dari nilai kekeruhan dan pH pada bulan Juni 2014. Nilai kekeruhan dan pH pada IPAM Ngagel III dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Nilai Kekeruhan dan pH Bulan Juni 2014

Tanggal	NTU	pH
2 Juni 2014	57.3	7.77
3 Juni 2014	48.0	7.78
4 Juni 2014	42.6	7.80
5 Juni 2014	45.7	7.77
6 Juni 2014	43.2	7.75
9 Juni 2014	47.9	7.73
10 Juni 2014	30.5	7.74
11 Juni 2014	30.3	7.77
12 Juni 2014	65.7	7.81
13 Juni 2014	30.1	7.78
16 Juni 2014	30.1	7.78
17 Juni 2014	20.3	7.76
18 Juni 2014	95.3	7.71

Tanggal	NTU	pH
19 Juni 2014	81.6	7.71
20 Juni 2014	30.5	7.71
23 Juni 2014	25.1	7.59
24 Juni 2014	21.2	7.83
25 Juni 2014	36.3	7.88
26 Juni 2014	28.4	7.90
27 Juni 2014	17.6	7.84
30 Juni 2014	40.4	7.81
Rata-rata	**41.3**	**7.80**

Sumber : Lab. IPAM Ngagel III, 2014

Tabel 4.1 merupakan data kekeruhan pada musim kemarau, maka dalam penelitian ini digunakan kekeruhan pada musim kemarau yang paling sering terjadi di lapangan, yaitu 30,4 NTU, 40,5 NTU, dan 50,2 NTU.

4.2 Pembuatan Air Baku Buatan

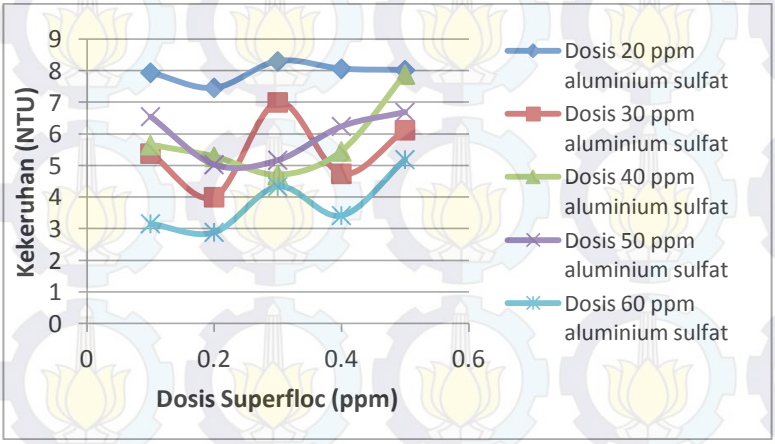
Air baku yang digunakan dalam proses koagulasi dan flokulasi merupakan air baku buatan yang berasal dari air sungai Jagir. Untuk mendapatkan nilai kekeruhan, berdasarkan kondisi eksisting IPAM Ngagel III, maka air sungai Jagir dicampur dengan lumpur intake PDAM Ngagel hingga homogen, kemudian diendapkan ± 30 menit dan didapat nilai kekeruhan, yaitu 30,4 NTU, 40,5 NTU, dan 50,2 NTU.

4.3 Penentuan Dosis Optimum Aluminium Sulfat dan *PolyDADMAC*

Penentuan dosis optimum aluminium sulfat dan *polyDADMAC* dilakukan dengan menggunakan metode *jar test*. Langkah awal yang dilakukan pada percobaan *jar test* adalah menyiapkan air dengan kekeruhan yang telah dibuat sebelumnya (30,4 NTU, 40,5 NTU, dan 50,2 NTU). Kemudian, dituang ke dalam 5 buah *beaker glass*, masing-masing 1000 mL untuk masing-masing nilai kekeruhan. Selanjutnya, membubuhkan

aluminium sulfat dengan dosis, yaitu 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm, dan 60 ppm. Lalu, membubuhkan *polyDADMAC* dengan dosis 0,1 ppm, 0,2 ppm, 0,3 ppm, 0,4 ppm, dan 0,5 ppm ke dalam *beaker glass* yang telah terisi air baku buatan dengan masing-masing kekeruhan. Berikutnya, tombol power pada alat *jar test* dinyalakan dengan kecepatan putaran *paddle* 100 rpm selama 60 detik (terjadi proses koagulasi). Tujuan pengadukan cepat adalah mencampur aluminium sulfat dengan *polyDADMAC* hingga merata ke dalam air baku. Kemudian, kecepatan pengadukan diturunkan hingga 40 rpm selama 15 menit. Dalam pengadukan lambat terjadi proses flokulasi yang merupakan proses penggabungan partikel-partikel kecil menjadi besar akibat adanya tumbukan antar partikel yang disebut dengan flok. Kecepatan pengadukan diturunkan agar flok yang telah terbentuk tidak pecah kembali. Tahap terakhir yang dilakukan dari metode *jar test* adalah mengendapkan larutan selama 15 menit. Setelah pengendapan 15 menit, diperoleh nilai kekeruhan akhir dengan membaca pada alat turbidimeter, sehingga dapat ditentukan dosis optimum aluminium sulfat dan *polyDADMAC.*

Hasil kekeruhan akhir dan dosis optimum untuk kekeruhan awal 30,4 NTU dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Penentuan Dosis Optimum dengan Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Berdasarkan grafik (Gambar 4.1), terjadi kenaikan nilai kekeruhan secara signifikan pada dosis 30 ppm alum dan 0,3 ppm *polyDADMAC*. Hal tersebut disebabkan ukuran partikel di dalam air sangat kecil dan partikel – partikel koloid yang bergerak acak, sehingga terjadi gerak Brown. Selain itu, terjadi tolak menolak antara flok lebih besar dibandingkan dengan gaya gravitasi yang dapat membuat flok-flok mengendap (Engelhardt, 2014).

Dosis optimum yang digunakan adalah yang menghasilkan nilai kekeruhan terendah. Berdasarkan Gambar 4.1 dosis optimum yang seharusnya digunakan adalah 60 ppm aluminium sulfat dan 0,2 ppm *polyDADMAC* karena menghasilkan nilai kekeruhan terendah. Namun, yang digunakan sebagai dosis optimum pada nilai kekeruhan awal 30,4 NTU adalah 30 ppm aluminium sulfat dan 0,2 ppm *polyDADMAC*. Hal tersebut dikarenakan penambahan aluminium sulfat berlebih dapat menurunkan pH. Alum menghasilkan $Al(OH)_3$ yang berbentuk endapan yang tidak dapat larut dan dapat melewati proses filtrasi yang kemudian berakhir di reservoir atau sistem distribusi (Leopold, 2009). Selain itu, aluminium merupakan salah satu jenis logam bersifat toksik dan korosif. Pemilihan dosis juga berdasarkan pada biaya yang dikeluarkan, menjadi lebih hemat. Berikut perhitungan biaya yang dikeluarkan.

Harga alum per kg	= Rp. 5.000
Harga *polyDADMAC* per kg	= Rp. 12.000
Kebutuhan alum	= Q x dosis alum
Kebutuhan *polyDADMAC*	= Q x dosis *polyDADMAC*
Biaya pengeluaran / hari	= (keb.alum x harga) + (keb.*polyDADMAC* x harga)

Jika dosis alum dan *polyDADMAC* adalah 60 ppm (60 mg/L) dan 0,2 ppm (0,2 mg/L), maka biaya yang dikeluarkan :

Kebutuhan alum	= 1750 L/detik x 60 mg/L
	= 105.000 mg/detik
	= 0,105 kg/detik
	= 9.072 kg/hari
Kebutuhan *polyDADMAC*	= 1750 L/detik x 0,2 mg/L
	= 350 mg/detik

= 0,00035 kg/detik
= 30,24 kg/hari

Biaya pengeluaran / hari = (9.072 kg/hari x 5.000/kg)+ (30,24 kg/hari x 12.000/kg)
= Rp. 45.722.880/hari

Biaya pengeluaran / bulan = Rp. 45.722.880/harix30hari
= Rp. 1.371.686.400/bulan

Namun, jika dosis alum dan *polyDADMAC* adalah 30 ppm (30 mg/L) dan 0,2 ppm (0,2 mg/L), maka biaya yang dikeluarkan :

Kebutuhan alum = 1750 L/detik x 30 mg/L
= 52.500 mg/detik
= 0,0525 kg/detik
= 4.536 kg/hari

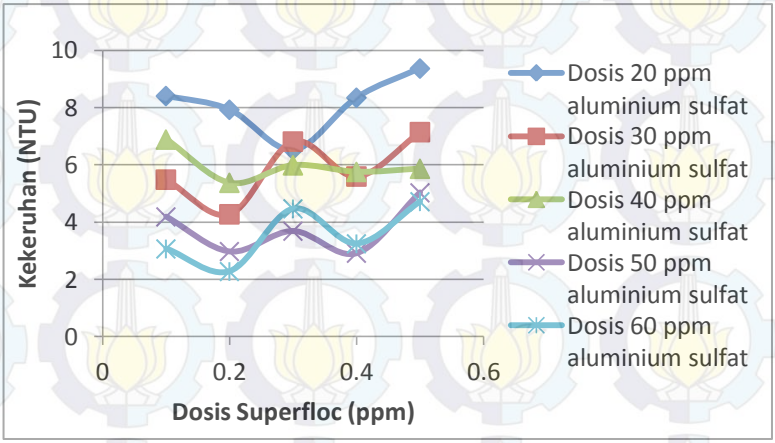
Kebutuhan *polyDADMAC* = 1750 L/detik x 0,2 mg/L
= 350 mg/detik
= 0,00035 kg/detik
= 30,24 kg/hari

Biaya pengeluaran / hari = (4.536 kg/hari x 5.000/kg) + (30,24 kg/hari x 12.000/kg)
= Rp. 23.042.880/hari

Biaya pengeluaran / bulan = Rp. 23.042.880/harix30hari
= Rp. 691.286.400/bulan

Dari perhitungan biaya pengeluaran, maka selisih biaya yang dikeluarkan per bulan dengan dosis alum yang berbeda adalah Rp. 680.400.000. Oleh karena itu, dosis optimum yang digunakan adalah 30 ppm alum dan 0,2 ppm *polyDADMAC*.

Penelitian selanjutnya adalah menentukan dosis optimum alum dan *polyDADMAC* untuk kekeruhan awal 40,5 NTU. Metode yang digunakan sama dengan kekeruhan awal 30,4 NTU, yaitu dengan menggunakan metode *jar test* dengan kecepatan pengadukan 100 rpm dan lama pengadukan 60 detik pada proses koagulasi dan untuk flokulasi kecepatan dan lama pengadukan yang digunakan adalah 40 rpm selama 15 menit yang selanjutnya diendapkan selama 15 menit. Hasil kekeruhan akhir dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Penentuan Dosis Optimum dengan Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Berdasarkan grafik di atas (Gambar 4.2), terjadi penurunan nilai kekeruhan secara signifikan pada dosis 20 ppm alum dan 0,3 ppm *polyDADMAC*. Beda halnya dengan dosis 30 ppm alum dan 0,3 ppm *polyDADMAC* pada Gambar 4.1 yang mengalami kenaikan nilai kekeruhan secara signifikan. Terjadinya penurunan dikarenakan gaya tarik menarik antar partikel koloid lebih besar dibanding gaya tolak menolak dan ukuran partikel koloid yang terbentuk lebih besar, sehingga tumbukan yang terjadi antar partikel koloid seimbang.

Pada Gambar 4.2 dosis optimum yang digunakan pada kekeruhan 40,5 NTU adalah 60 ppm aluminium sulfat dan 0,2 ppm *polyDADMAC*. Namun, dosis yang digunakan adalah 30 ppm aluminium sulfat dan 0,2 ppm *polyDADMAC* karena penambahan aluminium sulfat berlebih dapat menurunkan pH. Alum menghasilkan $Al(OH)_3$ yang berbentuk endapan yang tidak dapat larut dan dapat melewati proses filtrasi yang kemudian berakhir di reservoir atau sistem distribusi (Leopold, 2009). Selain itu, aluminium merupakan salah satu jenis logam bersifat toksik dan korosif. Pemilihan dosis juga berdasarkan pada biaya yang dikeluarkan, menjadi lebih hemat. Berikut perhitungan biaya yang dikeluarkan.

Harga alum per kg	= Rp. 5.000
Harga *polyDADMAC* per kg	= Rp. 12.000
Kebutuhan alum	= Q x dosis alum
Kebutuhan *polyDADMAC*	= Q x dosis *polyDADMAC*
Biaya pengeluaran / hari	= (keb.alum x harga)+ (keb.*polyDADMAC* x harga)

Jika dosis alum dan *polyDADMAC* adalah 60 ppm (60 mg/L) dan 0,2 ppm (0,2 mg/L), maka biaya yang dikeluarkan :

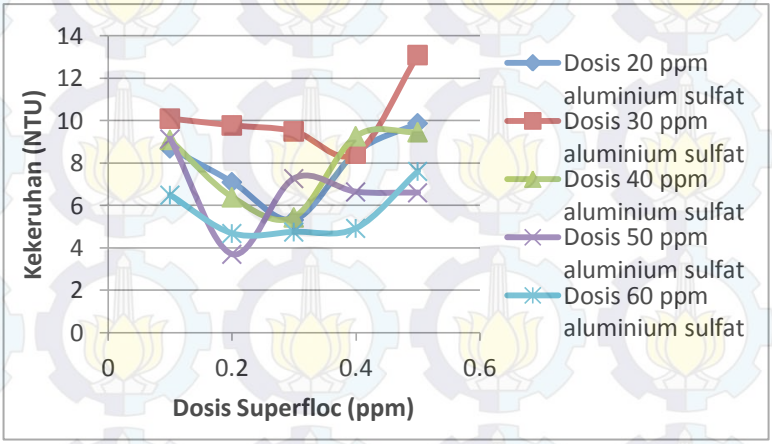
Kebutuhan alum	= 1750 L/detik x 60 mg/L
	= 105.000 mg/detik
	= 0,105 kg/detik
	= 9.072 kg/hari
Kebutuhan *polyDADMAC*	= 1750 L/detik x 0,2 mg/L
	= 350 mg/detik
	= 0,00035 kg/detik
	= 30,24 kg/hari
Biaya pengeluaran / hari	= (9.072 kg/hari x 5.000/kg)+ (30,24 kg/hari x 12.000/kg)
	= Rp. 45.722.880/hari
Biaya pengeluaran / bulan	= Rp. 45.722.880/harix30hari
	= Rp. 1.371.686.400/bulan

Namun, jika dosis alum dan *polyDADMAC* adalah 30 ppm (30 mg/L) dan 0,2 ppm (0,2 mg/L), maka biaya yang dikeluarkan :

Kebutuhan alum	= 1750 L/detik x 30 mg/L
	= 52.500 mg/detik
	= 0,0525 kg/detik
	= 4.536 kg/hari
Kebutuhan *polyDADMAC*	= 1750 L/detik x 0,2 mg/L
	= 350 mg/detik
	= 0,00035 kg/detik
	= 30,24 kg/hari
Biaya pengeluaran / hari	= (4.536 kg/hari x 5.000/kg) + (30,24 kg/hari x 12.000/kg)
	= Rp. 23.042.880/hari
Biaya pengeluaran / bulan	= Rp. 23.042.880/harix30hari
	= Rp. 691.286.400/bulan

Selisih biaya yang dikeluarkan per bulan pada dosis alum yang berbeda adalah Rp. 680.400.000. Maka dosis yang dipilih dalam proses koagulasi dan flokulasi dengan kekeruhan awal 40,5 NTU adalah 30 ppm alum dan 0,2 ppm *polyDADMAC*.

Penentuan dosis optimum yang terakhir dilakukan dalam penelitian ini adalah penentuan dosis untuk kekeruhan awal air baku 50,2 NTU. Kecepatan dan lama pengadukan yang digunakan pada metode *jar test* untuk koagulasi adalah 100 rpm selama 1 menit dan 40 rpm selama 15 menit untuk proses flokulasi. Kemudian diendapkan selama 15 menit. Hasil kekeruhan akhir yang diperoleh disajikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Penentuan Dosis Optimum dengan Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dosis optimum yang digunakan pada kekeruhan awal 50,2 NTU berdasarkan Gambar 4.3 adalah 50 ppm aluminium sulfat dan 0,2 ppm *polyDADMAC* yang ditunjukkan pada grafik berwarna ungu. Hal tersebut disebabkan dosis tersebut merupakan dosis yang menghasilkan nilai kekeruhan akhir terendah, yaitu sebesar 3,7 NTU dengan pH 7,09.

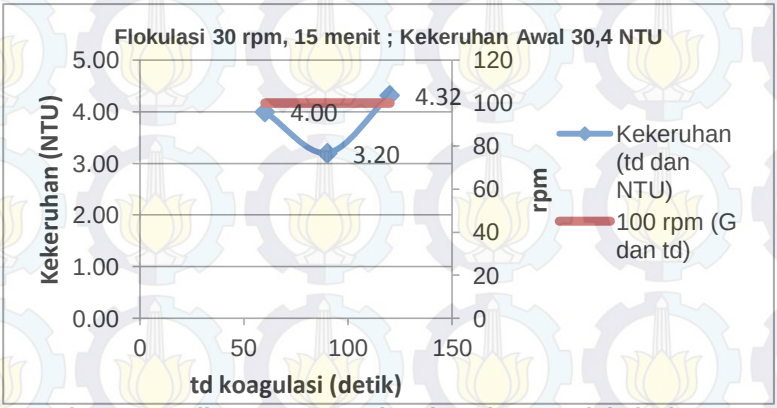
4.4 Penentuan Nilai Gradien Kecepatan (G) dan Lama Pengadukan (td)

Nilai G dan td merupakan faktor penting pada proses koagulasi dan flokulasi. Gradien kecepatan adalah kecepatan relatif suatu partikel koloid yang lain dengan jarak tertentu. Ketika koagulan ditambahkan ke dalam air, maka dibutuhkan pengadukan cepat agar koagulan dapat tercampur hingga homogen dan cepat di dalam air. Rendahnya pengadukan cepat dapat menyebabkan koagulan tidak bisa bekerja optimal (Kan, 2001), sedangkan kecepatan pengadukan pada proses flokulasi berpengaruh pada pembentukan flok. Jika kecepatan pengadukan terlalu cepat, flok akan pecah kembali (Ebeling, 2004). Reaksi koagulan, alum, membentuk $Al(OH)_3$ yang tidak dapat larut dan mudah untuk mengendap, maka koagulan harus didispersikan secepat mungkin (Park, 2003). Waktu detensi pada proses flokulasi merupakan faktor penting untuk pembentukan flok-flok yang optimum (EPA, 2002). Nilai G diperoleh dari rpm yang digunakan pada alat *jar test.* Variasi nilai G dan td dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Variasi Nilai G dan td

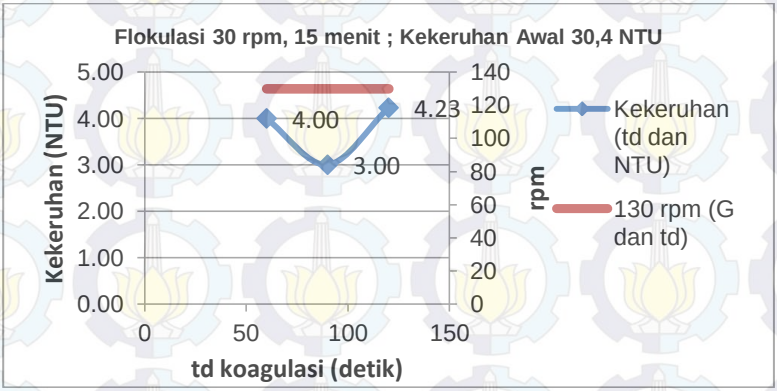
rpm	G (/detik)	td (detik)
Proses Koagulasi		
100	172	60
130	254	90
160	347	120
Proses Flokulasi		
30	28	900
40	43	1200
50	61	1500

Hasil kekeruhan akhir dengan kecepatan pengadukan flokulasi 30 rpm selama 15 menit dapat dilihat pada grafik yang disajikan dalam Gambar 4.4, Gambar 4.5, dan Gambar 4.6.



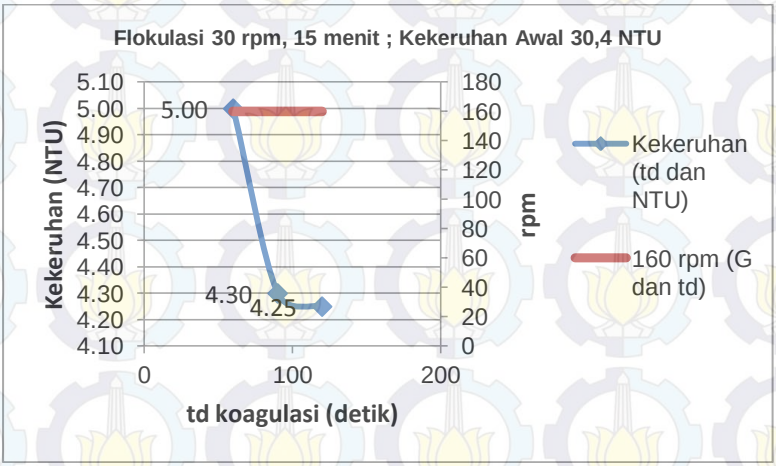
Gambar 4.4 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Berdasarkan Gambar 4.4, grafik berwarna merah merupakan hubungan antara nilai rpm (G) dan td koagulasi, sedangkan grafik berwarna biru adalah grafik kekeruhan yang merupakan hubungan antara nilai td dan kekeruhan. Nilai rpm dan td optimum adalah yang menghasilkan nilai kekeruhan terendah (Gidde, 2010), yaitu 100 rpm selama 90 detik.



Gambar 4.5 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

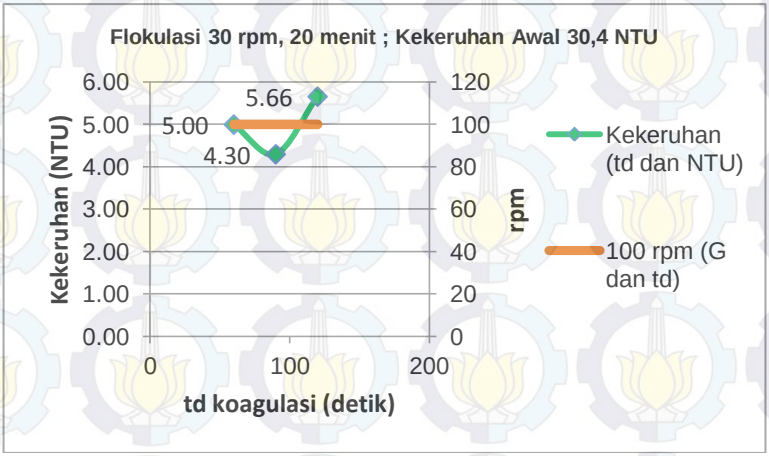
Berdasarkan Gambar 4.5, diketahui nilai rpm dan td optimum adalah 130 rpm selama 90 detik untuk flokulasi karena menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,00 NTU. Kecepatan pengadukan pada kekeruhan 3,00 NTU dapat dilakukan dengan 98 rpm disebabkan sudah efektif dalam menghasilkan kekeruhan yang rendah, sehingga tidak perlu kecepatan pengadukan yang tinggi. Selain itu, biaya energi yang dikeluarkan lebih rendah.



Gambar 4.6 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

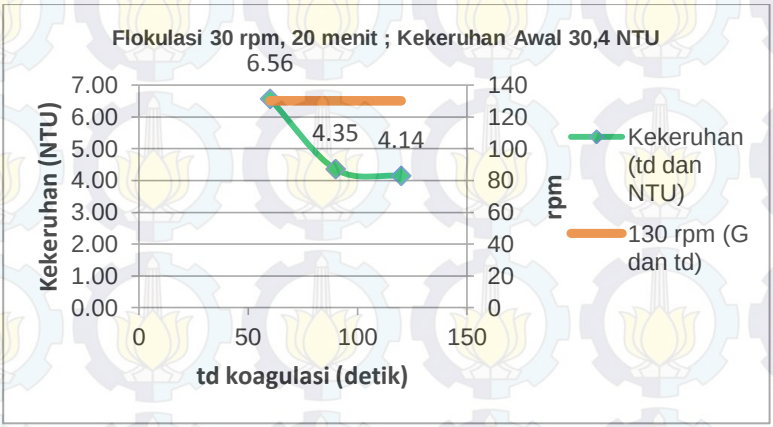
Dari Gambar 4.6, dihasilkan nilai rpm dan td optimum dalam proses koagulasi adalah 160 rpm selama 120 detik dengan kekeruhan 4,25 NTU.

Penelitian selanjutnya adalah jika dilakukan flokulasi dengan kecepatan pengadukan 30 rpm dengan lama pengadukan 20 menit yang disajikan dalam Gambar 4.7, Gambar 4.8, Gambar 4.9.



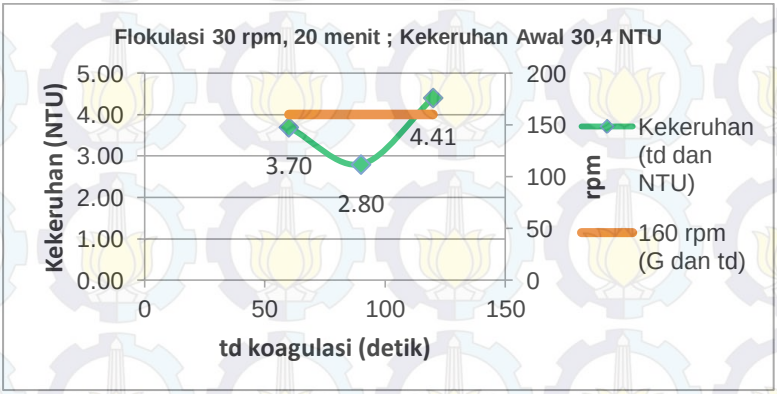
Gambar 4.7 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.7 adalah 100 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.



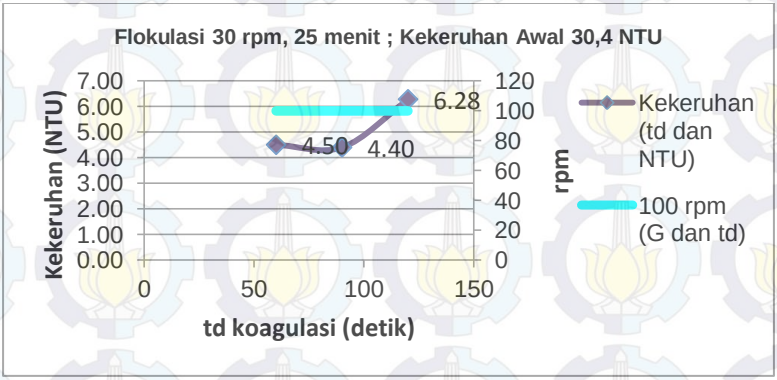
Gambar 4.8 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Nilai 4,14 NTU merupakan kekeruhan terendah dengan 130 rpm untuk 120 detik (koagulasi) dan 30 rpm untuk 20 menit (flokulasi) berdasarkan Gambar 4.8.



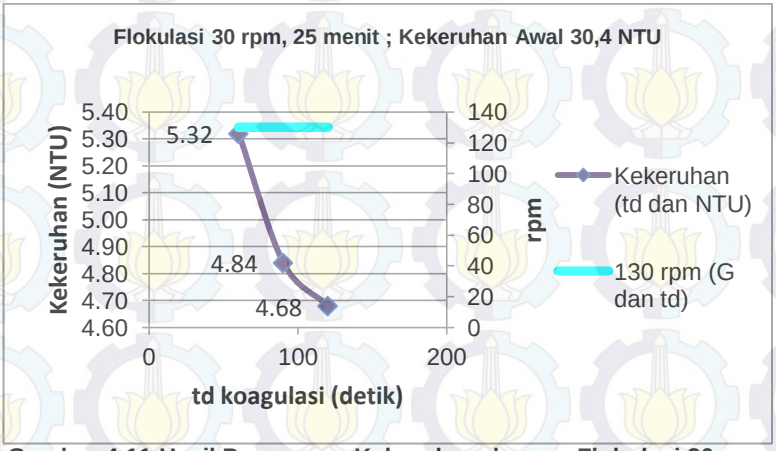
Gambar 4.9 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Kekeruhan terendah dihasilkan dengan menggunakan 160 rpm selama 90 detik untuk koagulasi dan 30 rpm selama 20 menit dalam flokulasi yang terdapat pada Gambar 4.9.



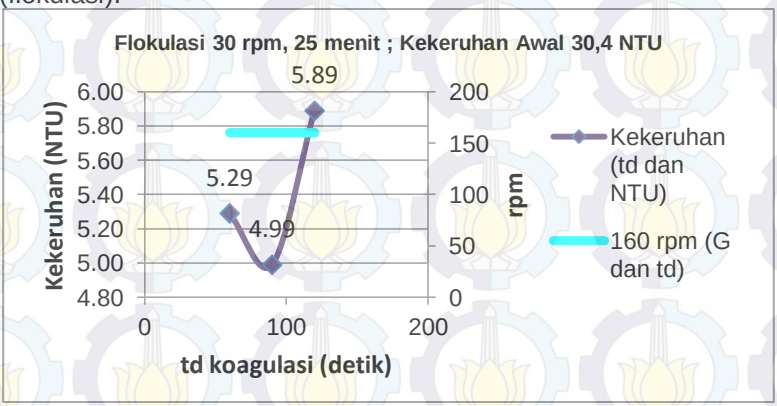
Gambar 4.10 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Dari Gambar 4.10 menunjukkan bahwa dengan 100 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 4,40 NTU.



Gambar 4.11 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

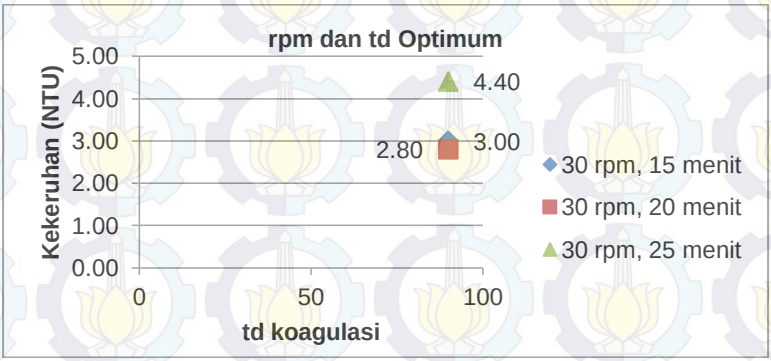
Berdasarkan Gambar 4.11, kekeruhan terendah dihasilkan dengan kecepatan dan lama pengadukan sebesar 130 rpm untuk 120 detik (koagulasi) dan 30 rpm selama 25 menit (flokulasi).



Gambar 4.12 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.12 adalah 160 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.

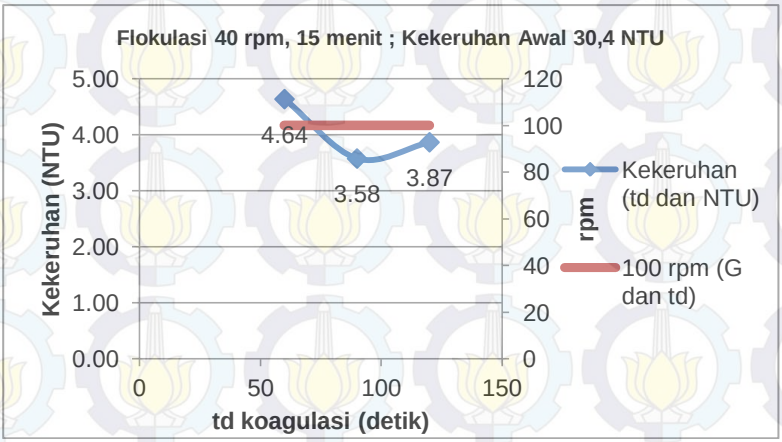
Dari kesembilan grafik diatas, dihasilkan nilai rpm dan td optimum setiap grafiknya. Selanjutnya setiap td berbeda (15 menit, 20 menit, 25 menit) dalam proses flokulasi ditentukan yang paling optimum, yaitu yang menghasilkan kekeruhan terendah dan dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 30 rpm pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

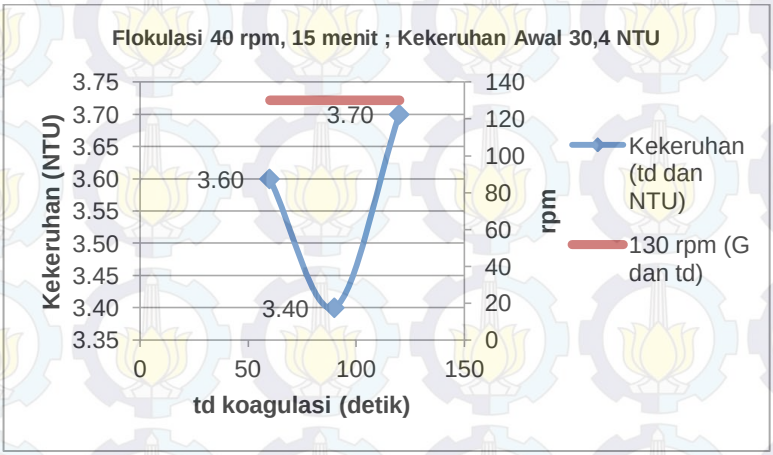
Berdasarkan Gambar 4.13, maka dapat ditentukan nilai rpm dan td paling optimum untuk koagulasi dengan flokulasi 30 rpm, yaitu 160 rpm selama 90 detik (koagulasi) dan dengan 30 rpm selama 20 menit (flokulasi).

Berikutnya adalah penentuan nilai rpm dan td optimum koagulasi dengan kekeruhan awal yang sama, yaitu 30,4 NTU, namun dilakukan flokulasi dengan kecepatan pengadukan 40 rpm dengan variasi lama pengadukan 15 menit, 20 menit, dan 25 menit. Variasi nilai rpm untuk koagulasi adalah 100 rpm, 130 rpm, dan 160 rpm dengan td 60 detik, 90 detik, dan 120 detik. Gambar – gambar berikut merupakan hasil rpm dan td optimum yang menghasilkan nilai kekeruhan terendah.



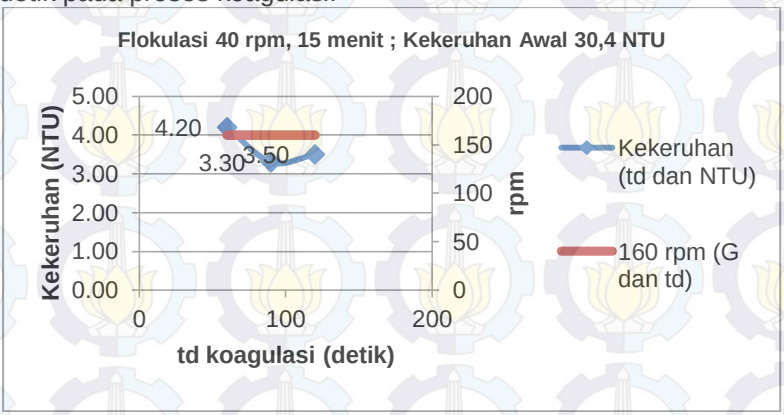
Gambar 4.14 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Dari percobaan yang tersaji dalam Gambar 4.14, maka nilai rpm dan td optimum koagulasi adalah 100 rpm untuk 90 detik dengan kekeruhan yang dihasilkan adalah 3,58 NTU.



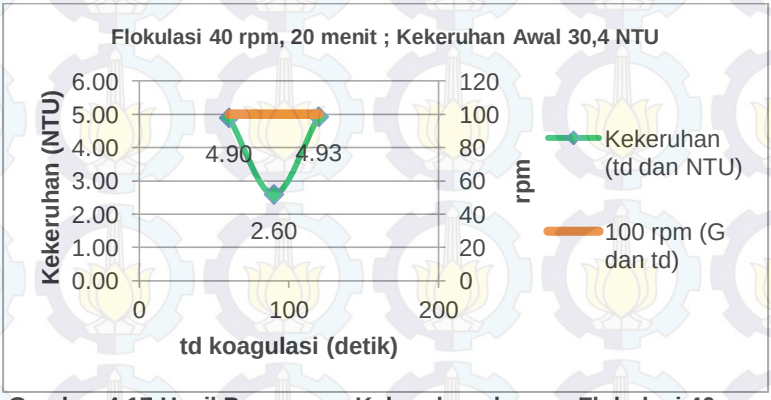
Gambar 4.15 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.15 adalah 130 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.



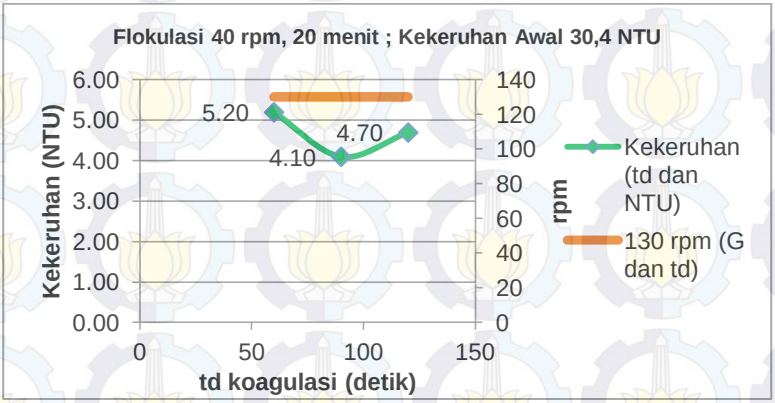
Gambar 4.16 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Kekeruhan terendah dihasilkan dengan menggunakan 160 rpm selama 90 detik untuk koagulasi dan 30 rpm selama 20 menit dalam flokulasi yang terdapat pada Gambar 4.16.



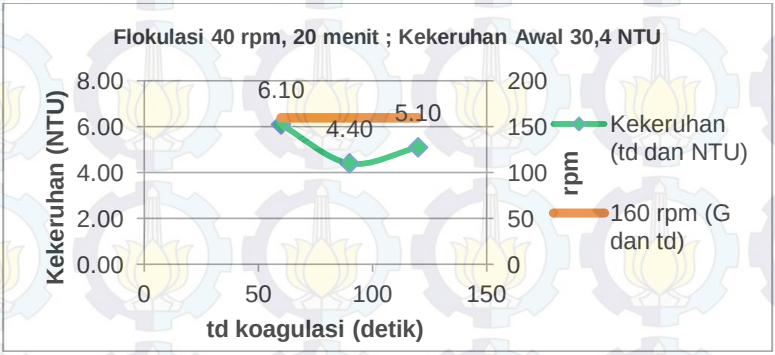
Gambar 4.17 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Dari Gambar 4.17 menunjukkan bahwa dengan 100 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 2,60 NTU.



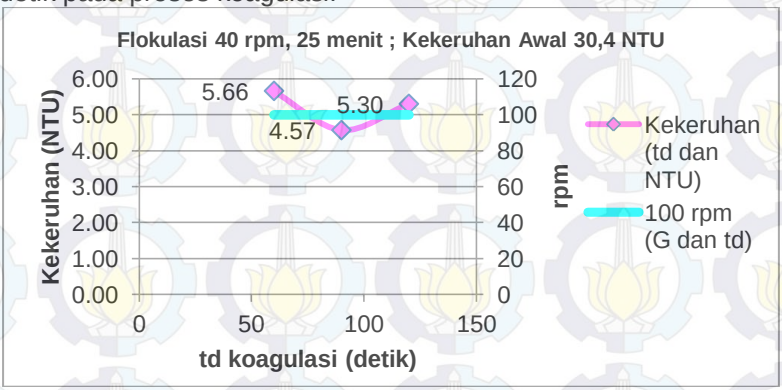
Gambar 4.18 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.18 adalah 130 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.



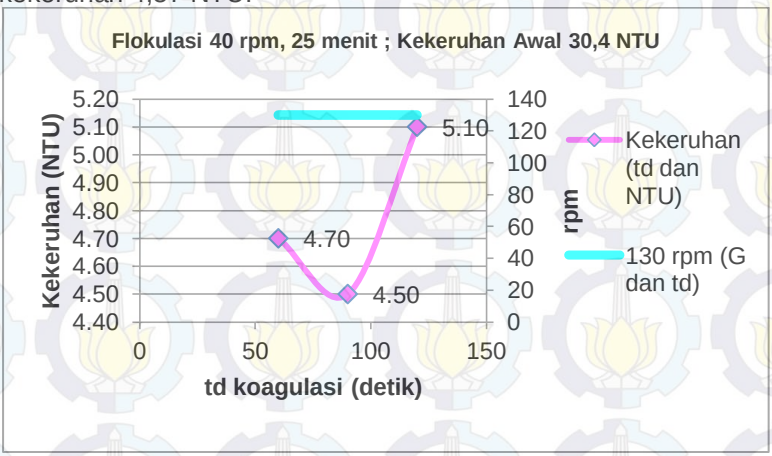
Gambar 4.19 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.19 adalah 160 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.



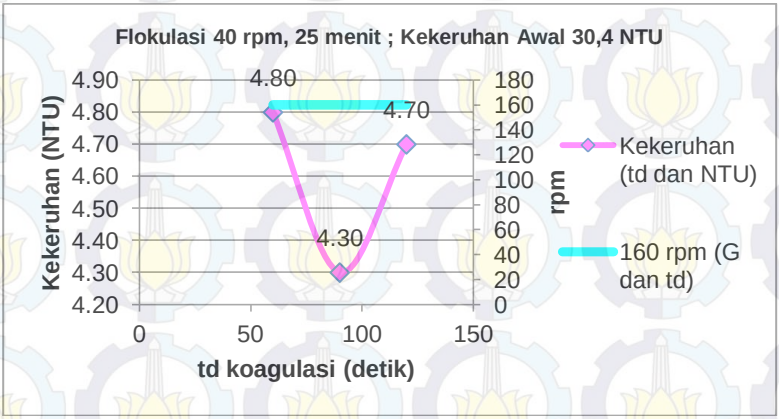
Gambar 4.20 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Dari Gambar 4.20, dihasilkan nilai rpm dan td optimum dalam proses koagulasi adalah 100 rpm selama 90 detik dengan kekeruhan 4,57 NTU.



Gambar 4.21 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

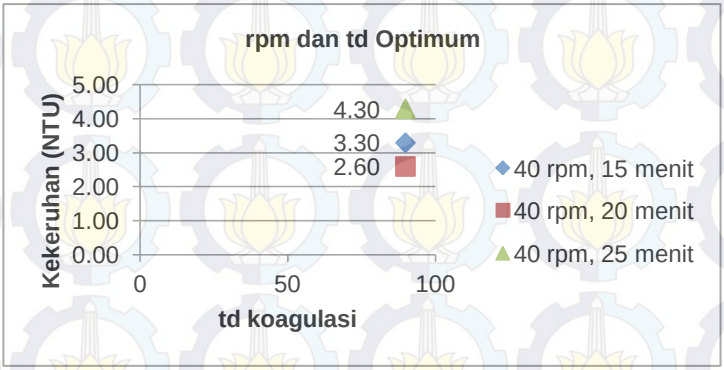
Dari Gambar 4.21 menunjukkan bahwa dengan 130 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 4,50 NTU.



Gambar 4.22 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Dari percobaan yang tersaji dalam Gambar 4.22, maka nilai rpm dan td optimum koagulasi adalah 160 rpm untuk 90 detik dengan kekeruhan yang dihasilkan adalah 4,30 NTU.

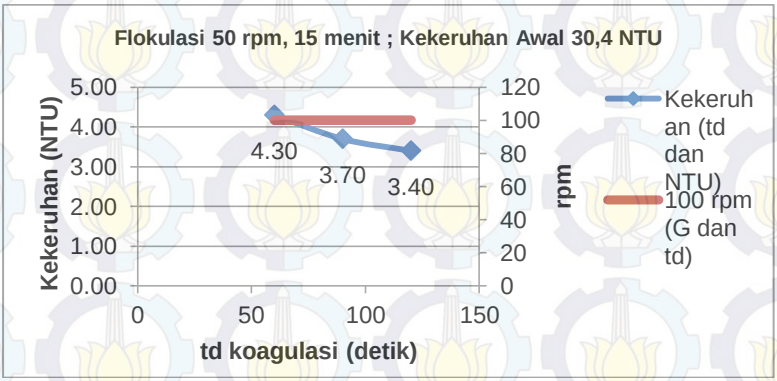
Dari kesembilan grafik diatas, dimana dengan flokulasi 40 rpm, dihasilkan nilai rpm dan td optimum setiap grafiknya. Selanjutnya setiap td berbeda (15 menit, 20 menit, 25 menit) dalam proses flokulasi ditentukan yang paling optimum, yaitu yang menghasilkan kekeruhan terendah dan dapat dilihat pada Gambar 4.23 berikut.



Gambar 4.23 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 40 rpm pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

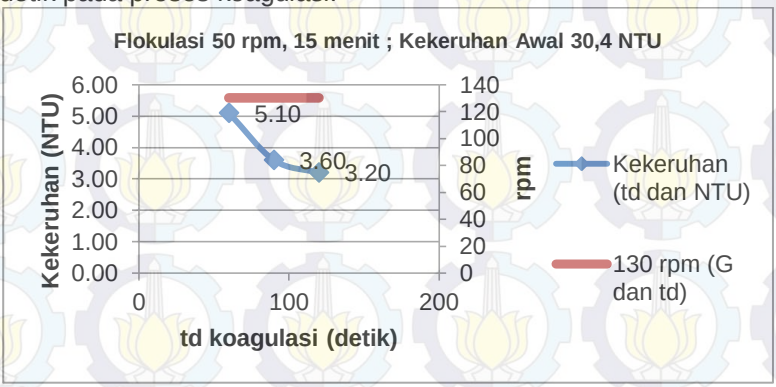
Berdasarkan Gambar 4.23, maka dapat ditentukan nilai rpm dan td paling optimum untuk koagulasi dengan flokulasi 40 rpm, yaitu 100 rpm selama 90 detik (koagulasi) dan dengan 40 rpm selama 20 menit (flokulasi).

Berikutnya adalah penentuan nilai rpm dan td optimum dengan kecepatan pengadukan flokulasi 50 rpm dengan variasi td 15 menit, 20 menit, dan 25 menit. Variasi nilai rpm untuk koagulasi adalah 100 rpm, 130 rpm, dan 160 rpm dengan td 60 detik, 90 detik, dan 120 detik. Gambar – gambar berikut merupakan hasil rpm dan td optimum yang menghasilkan nilai kekeruhan terendah.



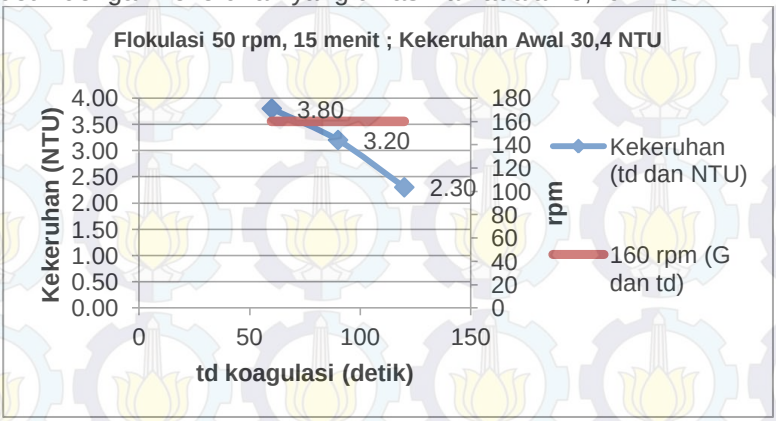
Gambar 4.24 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.24 adalah 100 rpm untuk 120 detik pada proses koagulasi.



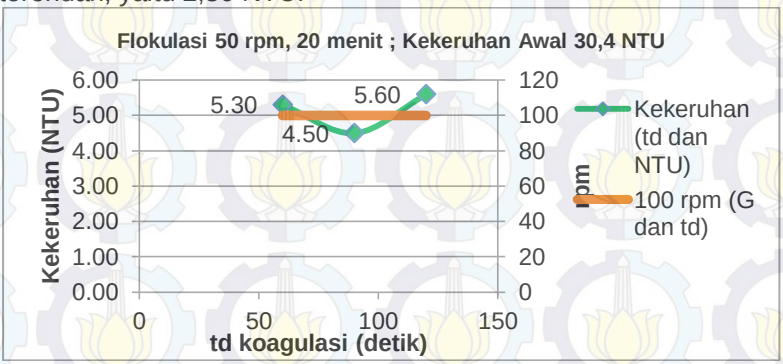
Gambar 4.25 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Dari percobaan yang tersaji dalam Gambar 4.25, maka nilai rpm dan td optimum koagulasi adalah 130 rpm untuk 120 detik dengan kekeruhan yang dihasilkan adalah 3,20 NTU.



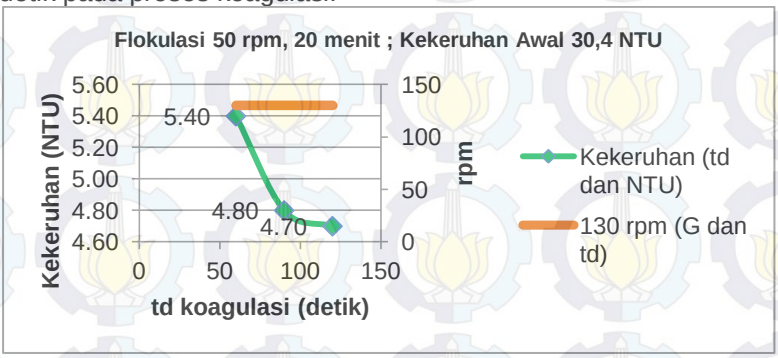
Gambar 4.26 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Dari Gambar 4.26 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 2,30 NTU.



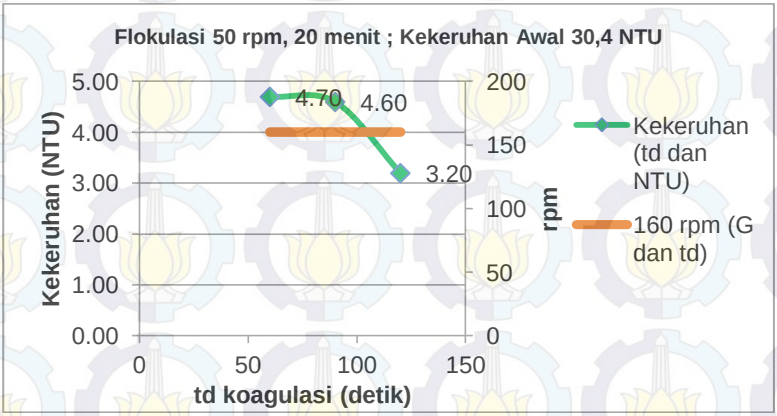
Gambar 4.27 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.27 adalah 100 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.



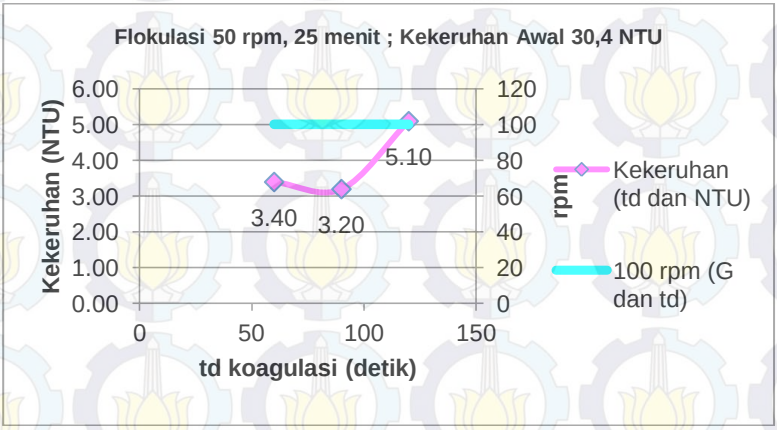
Gambar 4.28 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Dari Gambar 4.28 menunjukkan bahwa dengan 130 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 4,70 NTU.



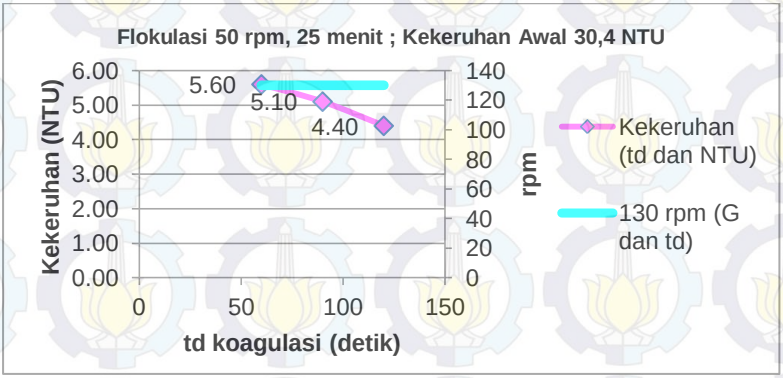
Gambar 4.29 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.29 adalah 160 rpm untuk 120 detik pada proses koagulasi.



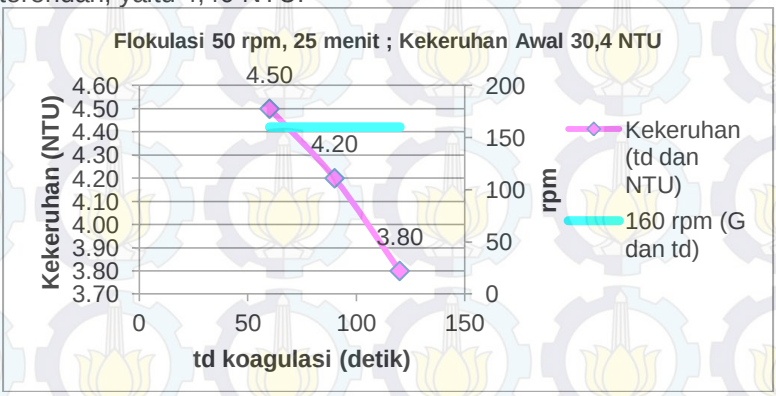
Gambar 4.30 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.30 adalah 100 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.



Gambar 4.31 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

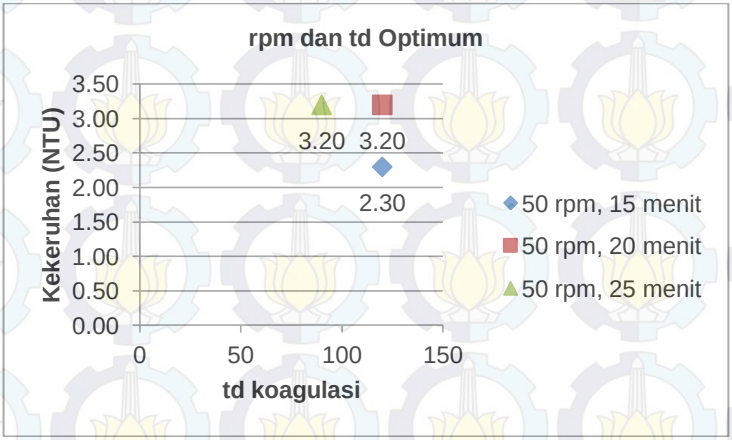
Dari Gambar 4.31 menunjukkan bahwa dengan 130 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 4,40 NTU.



Gambar 4.32 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Dari percobaan yang tersaji dalam Gambar 4.32, maka nilai rpm dan td optimum koagulasi adalah 160 rpm untuk 120 detik dengan kekeruhan yang dihasilkan adalah 3,80 NTU.

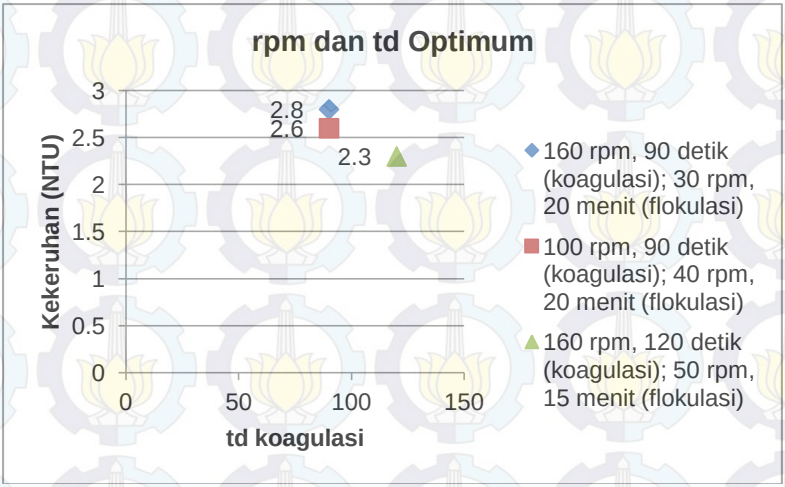
Dari kesembilan grafik diatas, dimana dengan flokulasi 50 rpm, dihasilkan nilai rpm dan td optimum setiap grafiknya. Selanjutnya setiap td berbeda (15 menit, 20 menit, 25 menit) dalam proses flokulasi ditentukan yang paling optimum, yaitu yang menghasilkan kekeruhan terendah dan dapat dilihat pada Gambar 4.33 berikut.



Gambar 4.33 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 50 rpm pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Berdasarkan Gambar 4.33, maka dapat ditentukan nilai rpm dan td paling optimum untuk koagulasi dengan flokulasi 50 rpm, yaitu 160 rpm selama 120 detik (koagulasi) dan dengan 50 rpm selama 15 menit (flokulasi).

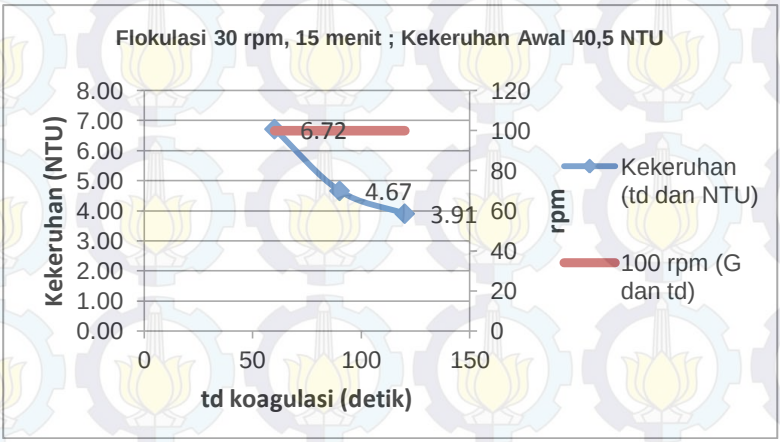
Dari Gambar 4.13, Gambar, 4.23, dan Gambar 4.33 dapat disimpulkan bahwa nilai rpm dan td optimum untuk koagulasi dan flokulasi pada kekeruhan awal 30,4 NTU dapat dilihat pada Gambar 4.33 berikut.



Gambar 4.34 Hasil rpm dan td Optimum Koagulasi dan Flokulasi pada Kekeruhan Awal 30,4 NTU.

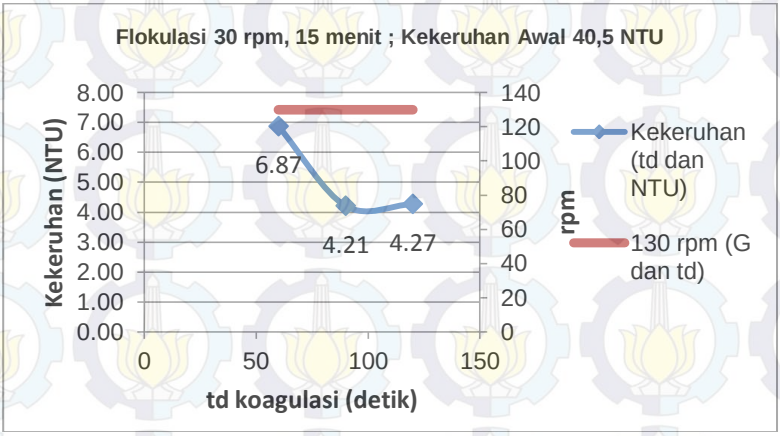
Semakin lama pengadukan pada koagulasi, maka bahan kimia yang dibubuhkan akan terdispersi secara merata ke dalam air dan jika kecepatan semakin cepat, maka tumbukan antar partikel semakin besar, dan akibatnya flok-flok yang dihasilkan semakin banyak, sehingga mudah mengendap dan menghasilkan kekeruhan akhir yang rendah seperti pada Gambar 4.34, dimana kekeruhan akhir terendah adalah 2,30 NTU dengan perlakuan 160 rpm selama 120 detik untuk koagulasi dan untuk flokulasi dilakukan dengan 50 rpm selama 15 menit.

Selanjutnya adalah penelitian penentuan nilai rpm dan td pada kekeruhan awala 40,5 NTU dengan variasi yang sama pada kekeruhan awal 40,5 NTU, yaitu 100 rpm, 130 rpm, dan 160 rpm selama 60 detik, 90 detik, dan 120 detik (koagulasi), serta 30 rpm, 40 rpm, 50 rpm selama 15 menit, 20 menit, dan 25 menit (flokulasi).



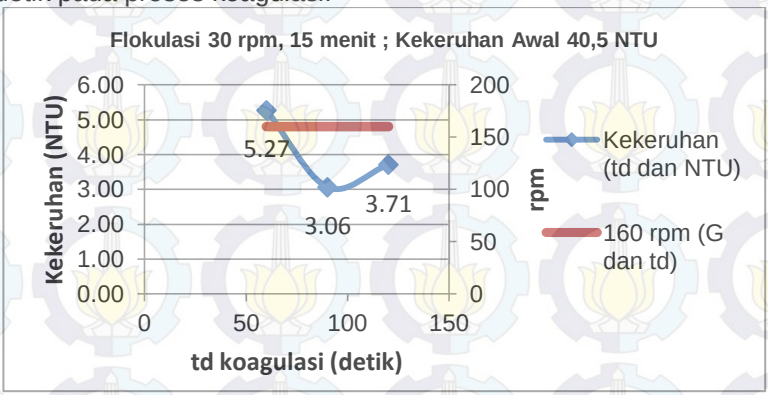
Gambar 4.35 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari Gambar 4.35 menunjukkan bahwa dengan 100 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,91 NTU.



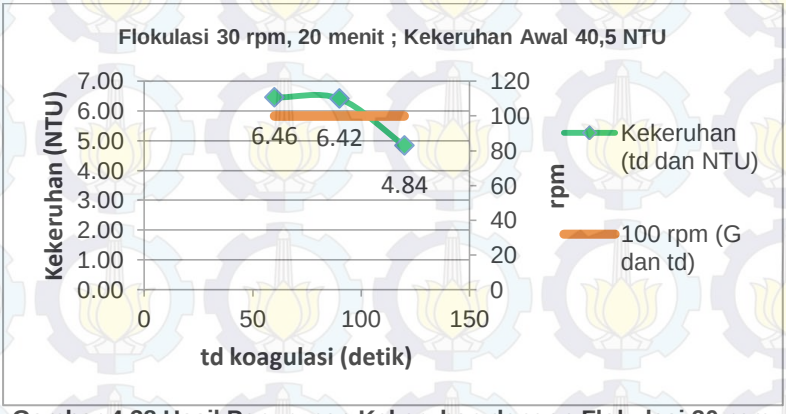
Gambar 4.36 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.36 adalah 100 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.



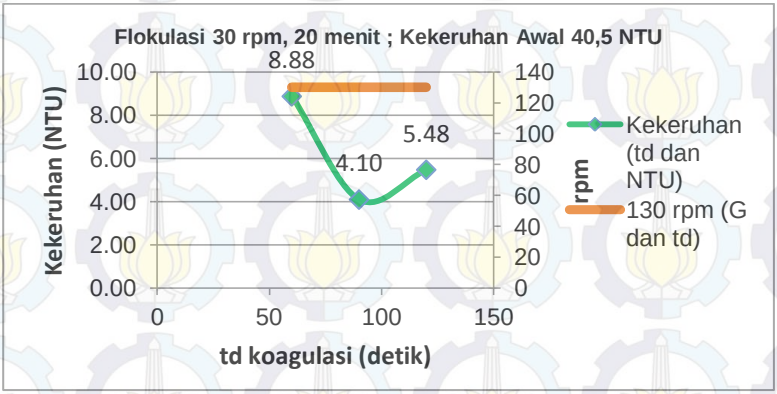
Gambar 4.37 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.37 adalah 160 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.



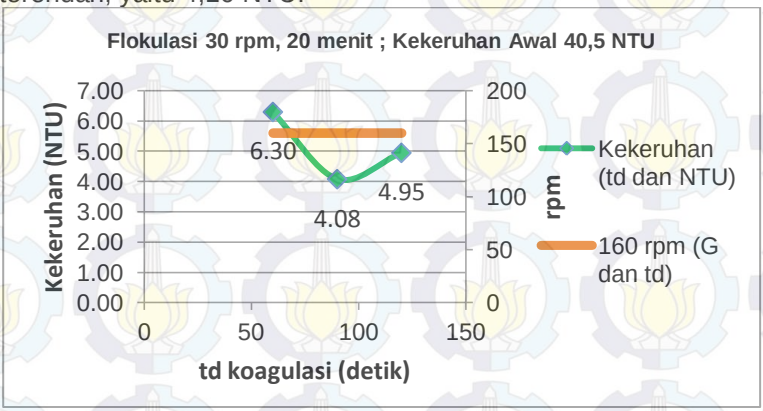
Gambar 4.38 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari percobaan yang tersaji dalam Gambar 4.38, maka nilai rpm dan td optimum koagulasi adalah 100 rpm untuk 120 detik dengan kekeruhan yang dihasilkan adalah 4,84 NTU.



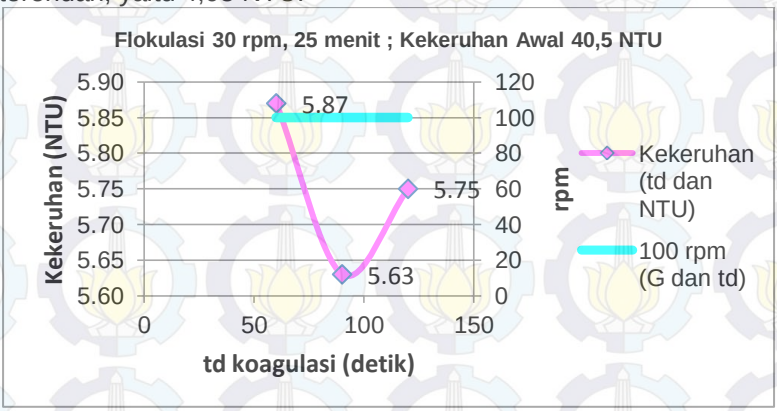
Gambar 4.39 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari Gambar 4.39 menunjukkan bahwa dengan 130 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 4,10 NTU.



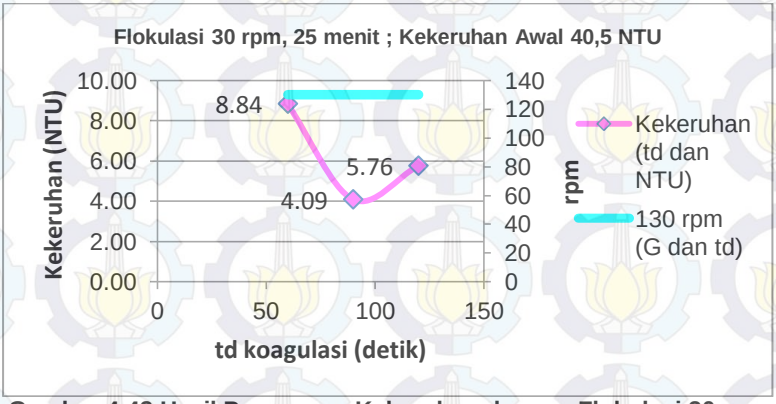
Gambar 4.40 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari Gambar 4.40 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 4,08 NTU.



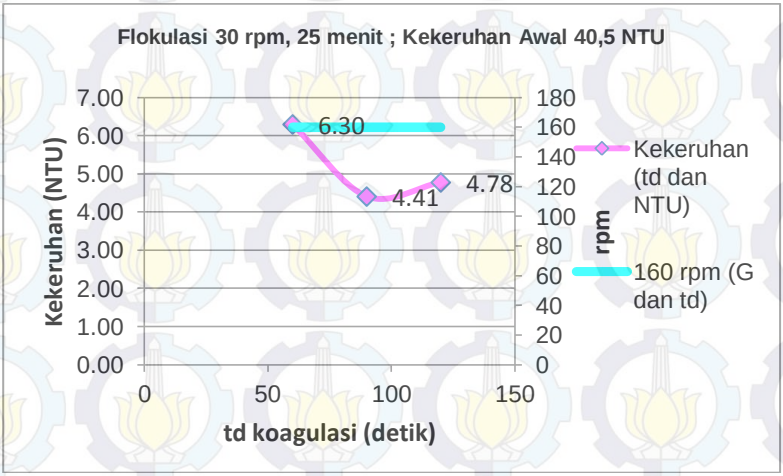
Gambar 4.41 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari percobaan yang tersaji dalam Gambar 4.41, maka nilai rpm dan td optimum koagulasi adalah 100 rpm untuk 90 detik dengan kekeruhan yang dihasilkan adalah 5,63 NTU.



Gambar 4.42 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

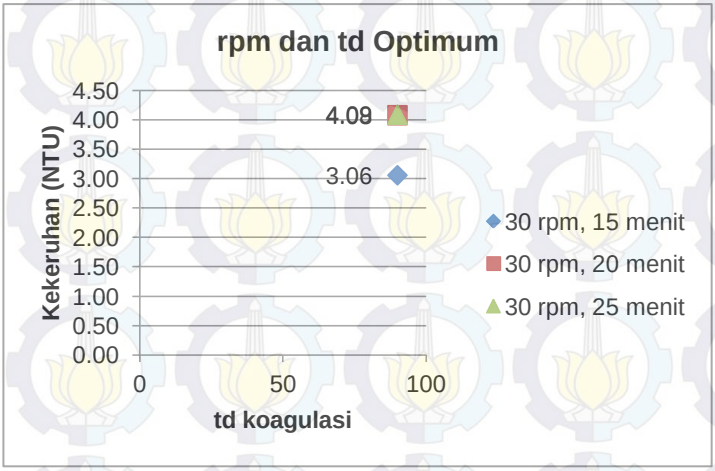
Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.42 adalah 130 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.



Gambar 4.43 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari Gambar 4.43 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 4,41 NTU.

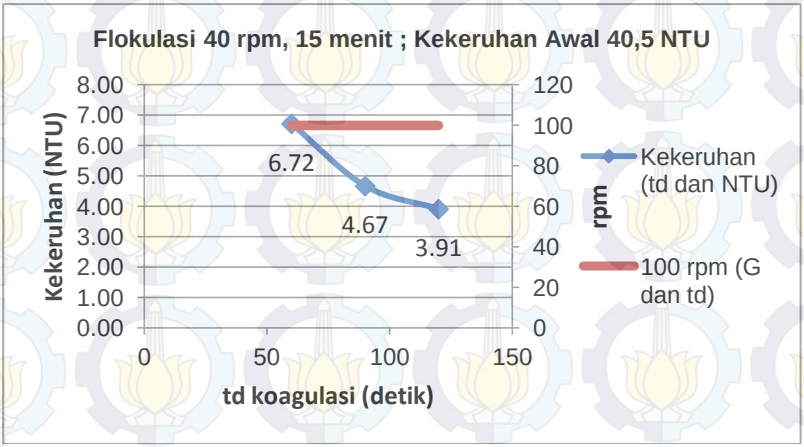
Dari kesembilan grafik diatas, dimana dengan flokulasi 30 rpm, dihasilkan nilai rpm dan td optimum setiap grafiknya pada kekeruhan awal 40,5 NTU. Selanjutnya setiap td berbeda (15 menit, 20 menit, 25 menit) dalam proses flokulasi ditentukan yang paling optimum, yaitu yang menghasilkan kekeruhan terendah dan dapat dilihat pada Gambar 4.44 berikut.



Gambar 4.44 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 30 rpm pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

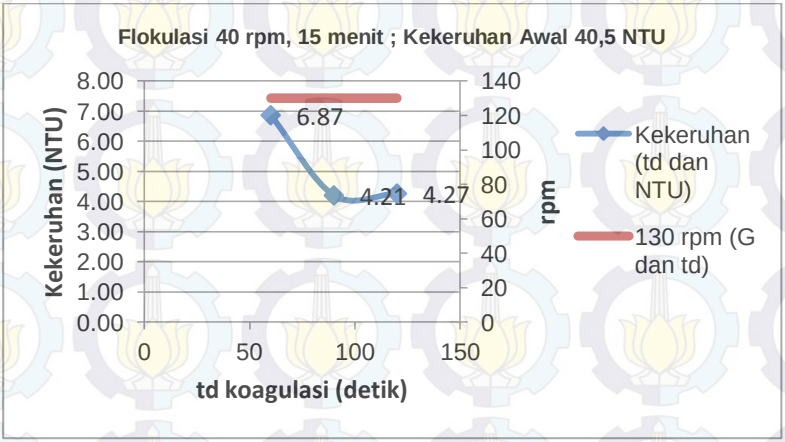
Berdasarkan Gambar 4.44, maka dapat ditentukan nilai rpm dan td paling optimum untuk koagulasi dengan flokulasi 30 rpm, yaitu 160 rpm selama 90 detik (koagulasi) dan dengan 30 rpm selama 15 menit (flokulasi).

Berikutnya adalah penentuan nilai rpm dan td optimum koagulasi dengan kekeruhan awal yang sama, yaitu 40,5 NTU, namun dilakukan flokulasi dengan kecepatan pengadukan 40 rpm dengan variasi lama pengadukan 15 menit, 20 menit, dan 25 menit. Variasi nilai rpm untuk koagulasi adalah 100 rpm, 130 rpm, dan 160 rpm dengan td 60 detik, 90 detik, dan 120 detik. Gambar – gambar berikut merupakan hasil rpm dan td optimum yang menghasilkan nilai kekeruhan terendah.



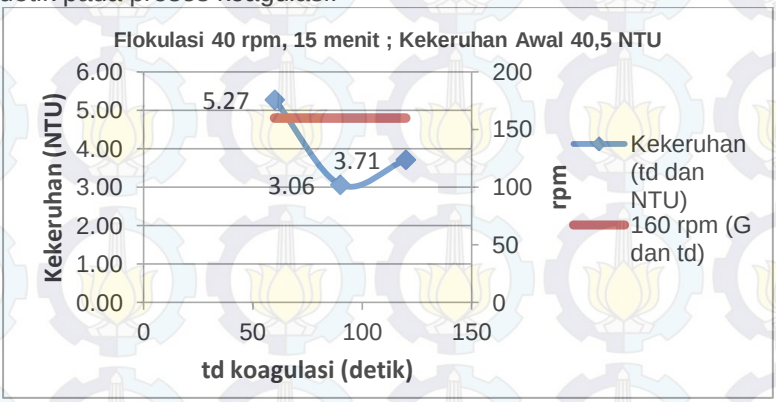
Gambar 4.45 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari percobaan yang tersaji dalam Gambar 4.45, maka nilai rpm dan td optimum koagulasi adalah 100 rpm untuk 120 detik dengan kekeruhan yang dihasilkan adalah 3,91 NTU.



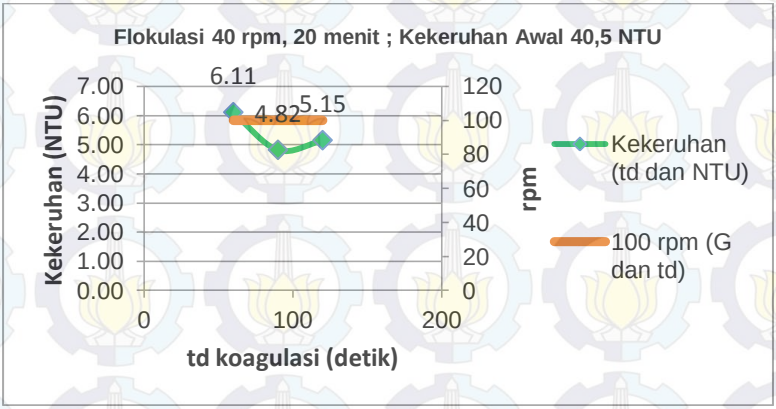
Gambar 4.46 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.46 adalah 130 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.



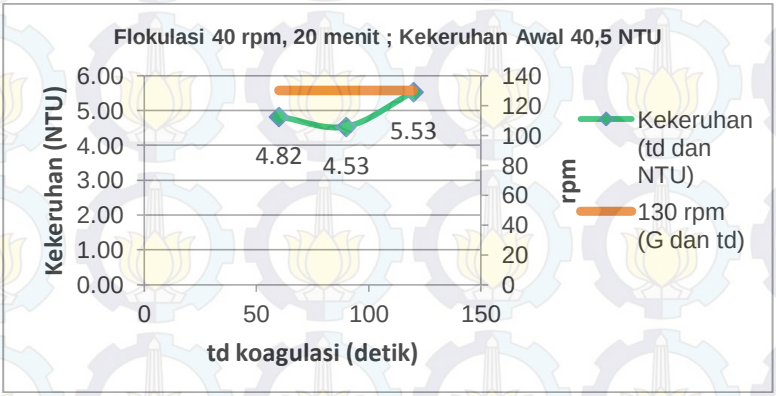
Gambar 4.47 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari Gambar 4.47 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,06 NTU.



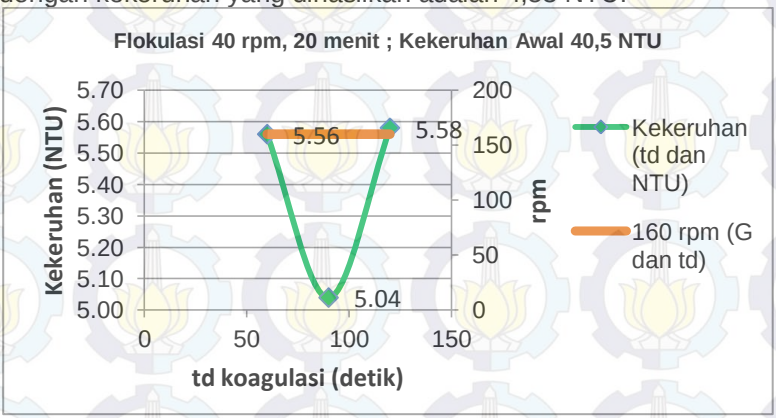
Gambar 4.48 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari Gambar 4.48 menunjukkan bahwa dengan 100 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 4,82 NTU.



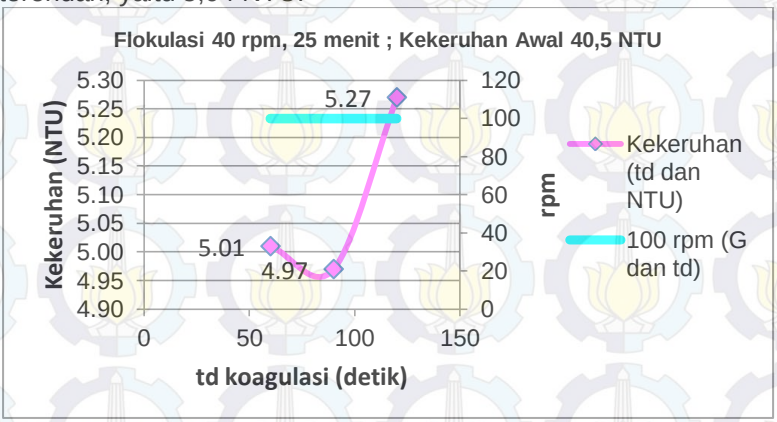
Gambar 4.49 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari percobaan yang tersaji dalam Gambar 4.49, maka nilai rpm dan td optimum koagulasi adalah 130 rpm untuk 90 detik dengan kekeruhan yang dihasilkan adalah 4,53 NTU.



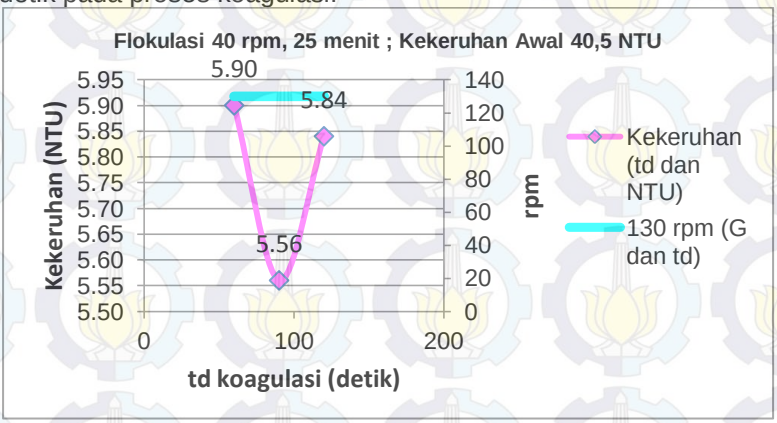
Gambar 4.50 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari Gambar 4.50 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 5,04 NTU.



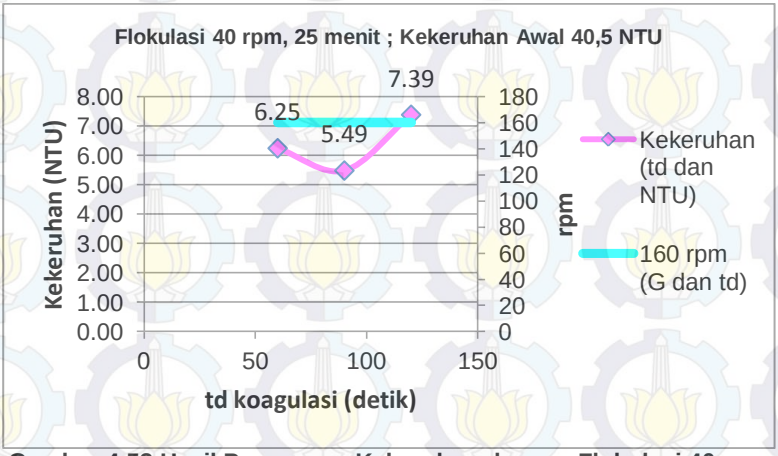
Gambar 4.51 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.51 adalah 100 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.



Gambar 4.52 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

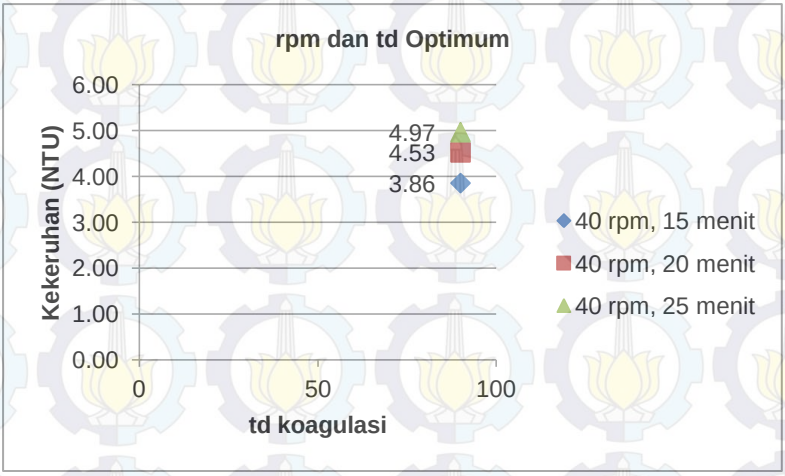
Dari Gambar 4.52 menunjukkan bahwa dengan 130 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 5,56 NTU.



Gambar 4.53 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari Gambar 4.53 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 5,49 NTU.

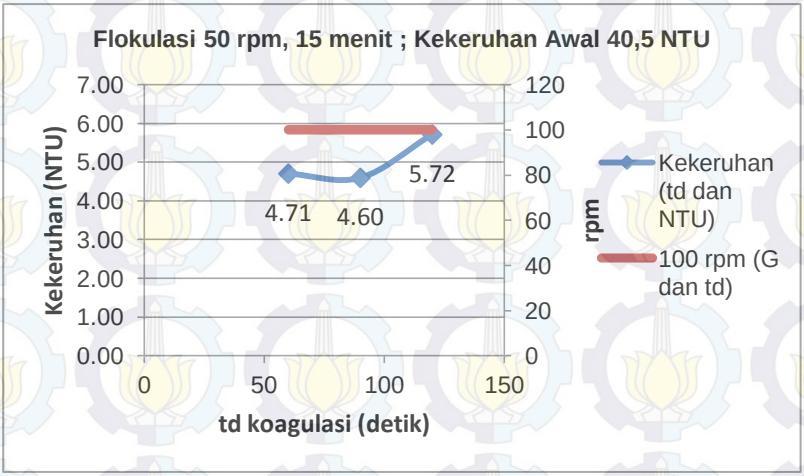
Dari kesembilan grafik diatas, dimana dengan flokulasi 30 rpm, dihasilkan nilai rpm dan td optimum setiap grafiknya pada kekeruhan awal 40,5 NTU. Selanjutnya setiap td berbeda (15 menit, 20 menit, 25 menit) dalam proses flokulasi ditentukan yang paling optimum, yaitu yang menghasilkan kekeruhan terendah dan dapat dilihat pada Gambar 4.54 berikut.



Gambar 4.54 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 40 rpm pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

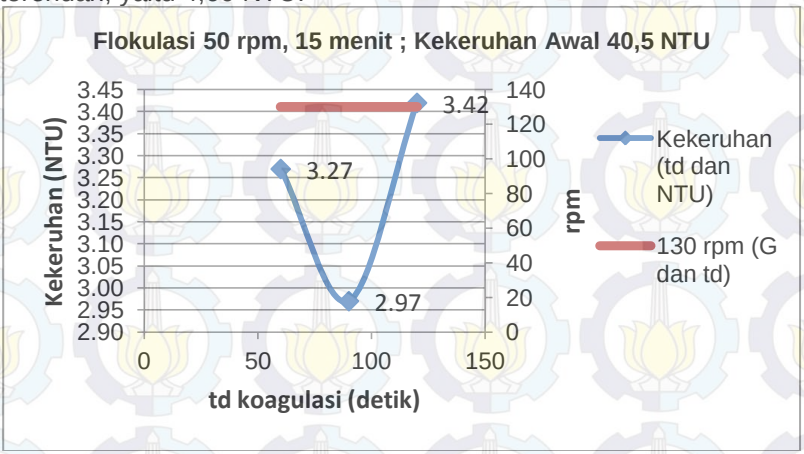
Berdasarkan Gambar 4.54, maka dapat ditentukan nilai rpm dan td paling optimum untuk koagulasi dengan flokulasi 40 rpm, yaitu 160 rpm selama 90 detik (koagulasi) dan dengan 40 rpm selama 15 menit (flokulasi).

Berikutnya adalah penentuan nilai rpm dan td optimum koagulasi dengan kekeruhan awal yang sama, yaitu 40,5 NTU, namun dilakukan flokulasi dengan kecepatan pengadukan 50 rpm dengan variasi lama pengadukan 15 menit, 20 menit, dan 25 menit. Variasi nilai rpm untuk koagulasi adalah 100 rpm, 130 rpm, dan 160 rpm dengan td 60 detik, 90 detik, dan 120 detik. Gambar – gambar berikut merupakan hasil rpm dan td optimum yang menghasilkan nilai kekeruhan terendah.



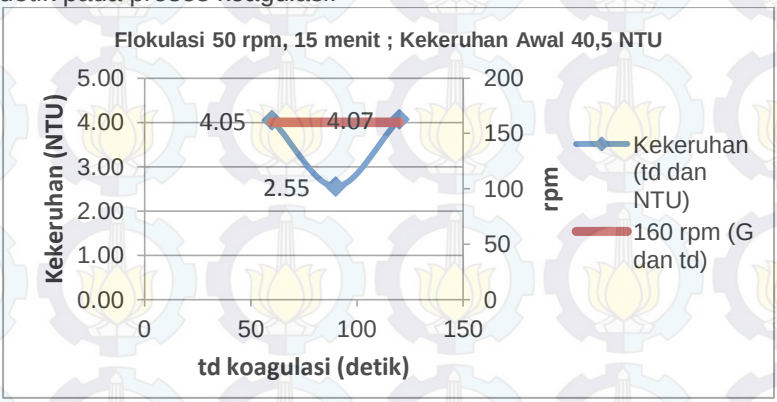
Gambar 4.55 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari Gambar 4.55 menunjukkan bahwa dengan 100 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 4,60 NTU.



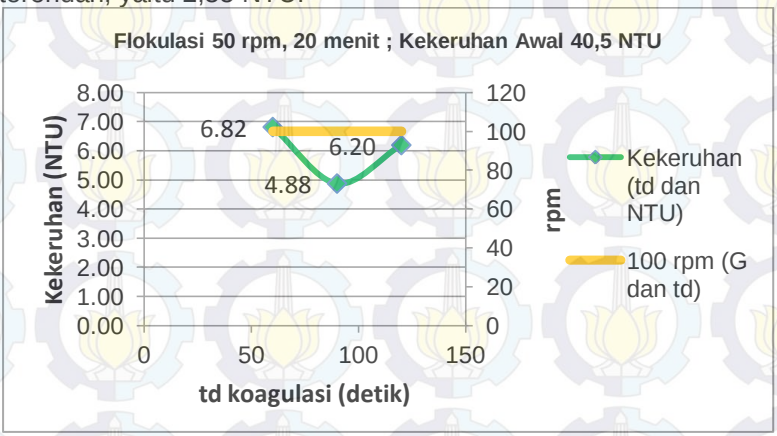
Gambar 4.56 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.56 adalah 130 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.



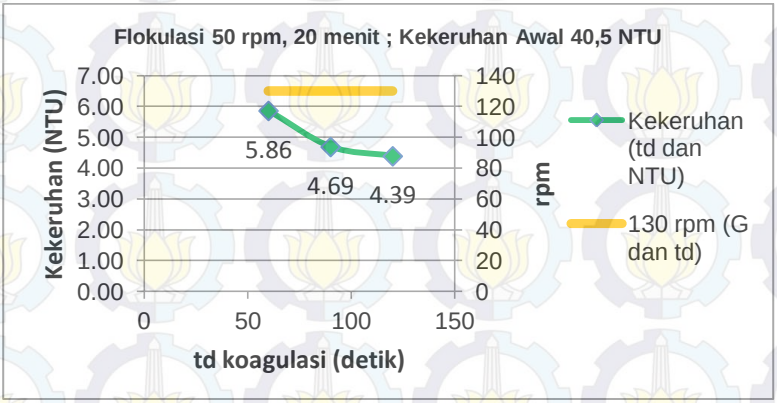
Gambar 4.57 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari Gambar 4.57 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 2,55 NTU.



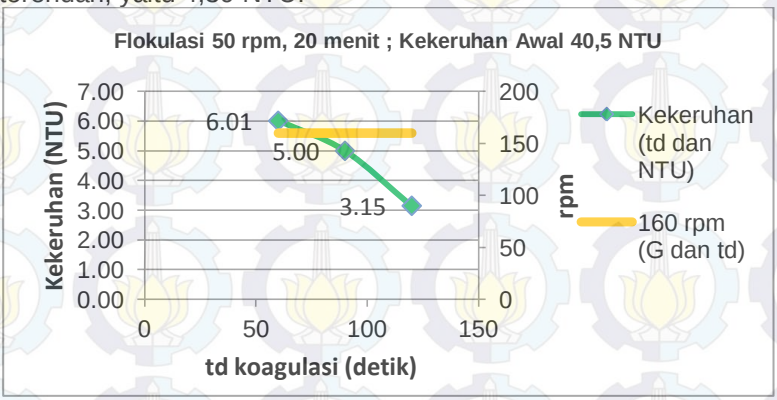
Gambar 4.58 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari Gambar 4.58 menunjukkan bahwa dengan 100 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 4,88 NTU.



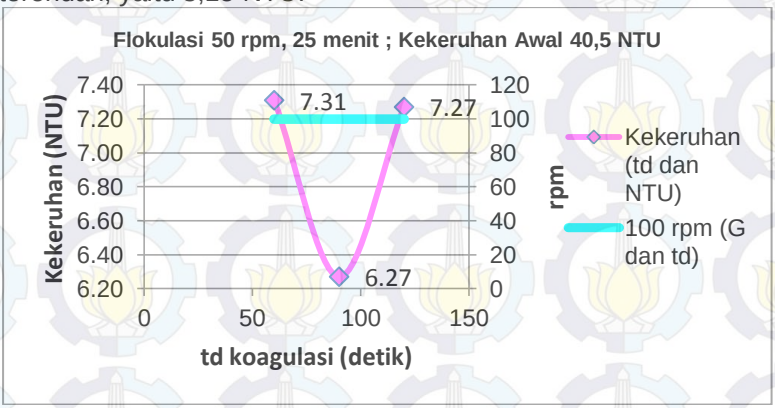
Gambar 4.59 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari Gambar 4.59 menunjukkan bahwa dengan 130 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 4,39 NTU.



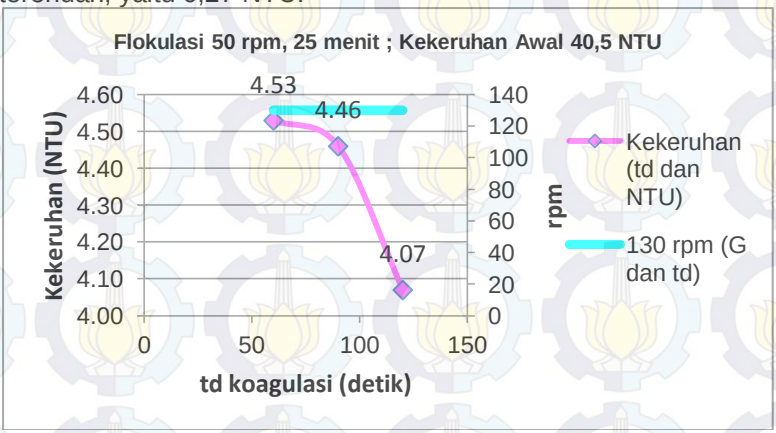
Gambar 4.60 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari Gambar 4.60 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,15 NTU.



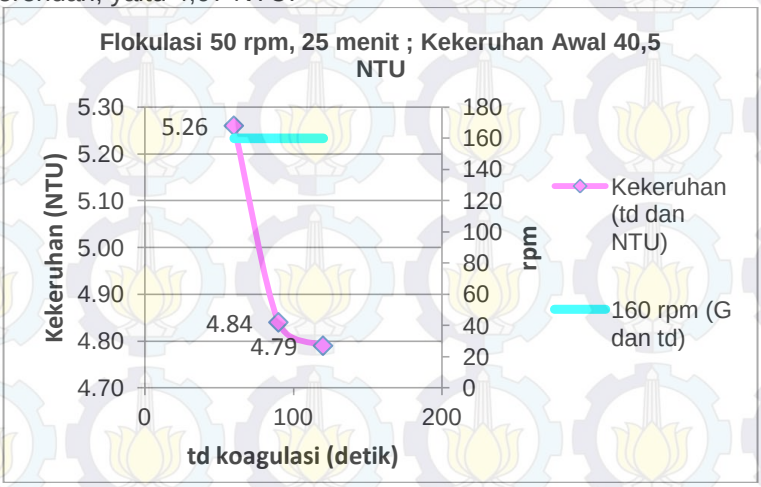
Gambar 4.61 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari Gambar 4.61 menunjukkan bahwa dengan 100 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 6,27 NTU.



Gambar 4.62 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

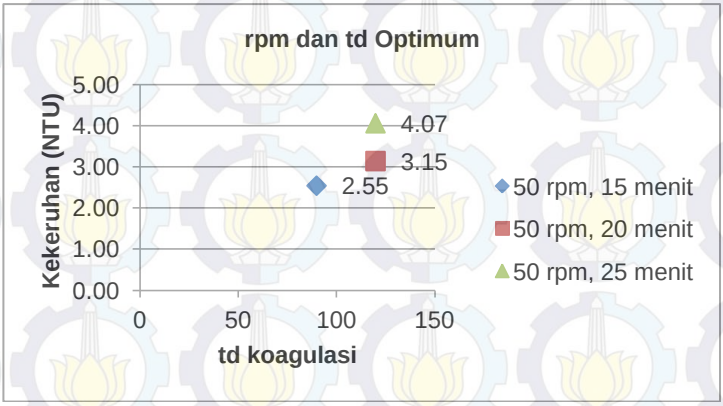
Dari Gambar 4.62 menunjukkan bahwa dengan 130 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 4,07 NTU.



Gambar 4.63 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dari Gambar 4.63 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 4,79 NTU.

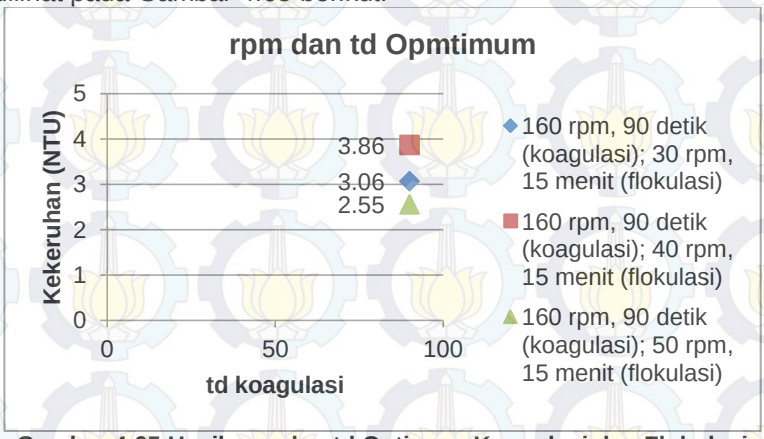
Dari kesembilan grafik diatas, dimana dengan flokulasi 50 rpm, dihasilkan nilai rpm dan td optimum setiap grafiknya pada kekeruhan awal 40,5 NTU. Selanjutnya setiap td berbeda (15 menit, 20 menit, 25 menit) dalam proses flokulasi ditentukan yang paling optimum, yaitu yang menghasilkan kekeruhan terendah dan dapat dilihat pada Gambar 4.64 berikut.



Gambar 4.64 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 50 rpm pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Berdasarkan Gambar 4.64, maka dapat ditentukan nilai rpm dan td paling optimum untuk koagulasi dengan flokulasi 50 rpm, yaitu 160 rpm selama 90 detik (koagulasi) dan dengan 50 rpm selama 15 menit (flokulasi).

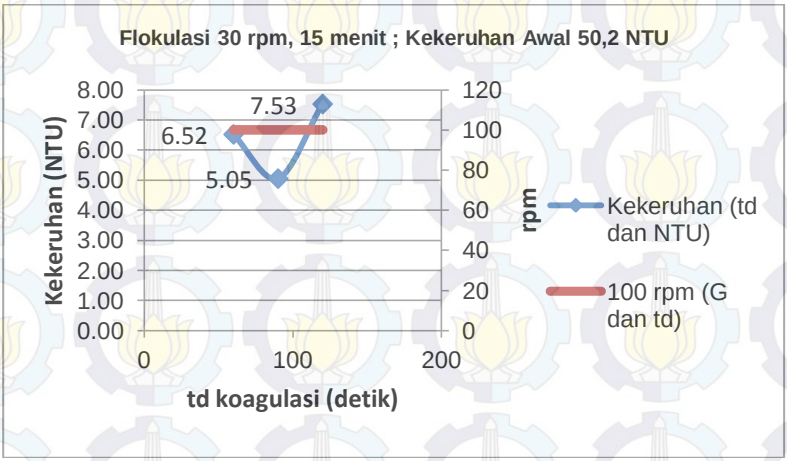
Dari Gambar 4.44, Gambar, 4.54, dan Gambar 4.64 dapat disimpulkan bahwa nilai rpm dan td optimum untuk koagulasi dan flokulasi pada kekeruhan awal 40,5 NTU dapat dilihat pada Gambar 4.65 berikut.



Gambar 4.65 Hasil rpm dan td Optimum Koagulasi dan Flokulasi pada Kekeruhan Awal 40,5 NTU.

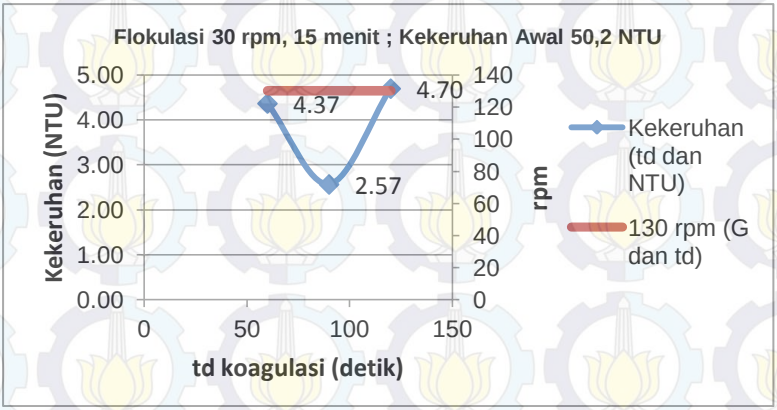
Berdasarkan Gambar 4.65 dapat disimpulkan bahwa nilai rpm (G) dan td yang paling optimum pada kekeruhan awal 40,5 NTU adalah dengan kecepatan pengadukan 160 rpm selama 90 detik dengan 50 rpm selama 15 menit dalam pengaduk lama dengan menghasilkan kekeruhan sebesar 2,55 NTU. Kecepatan pengadukan pada kekeruhan ini merupakan kecepatan yang paling cepat karena kecepatan pengadukan semakin cepat, maka jumlah tumbukan antar partikel koloid akan semakin besar, sehingga makin banyak flok yang terbentuk dan mengendap, serta hasil kekeruhan akhir yang dihasilkan rendah.

Penelitian selanjutnya adalah penentuan nilai rpm dan td pada kekeruhan awal 50,2 NTU dengan variasi kecepatan pengadukan untuk koagulasi adalah 100 rpm, 130 rpm, dan 160 rpm selama 60 detik, 90 detik, dan 120 detik, sedangkan untuk flokulasi adalah 30 rpm, 40 rpm, dan 50 rpm selama 15 menit, 20 menit, dan 25 menit.



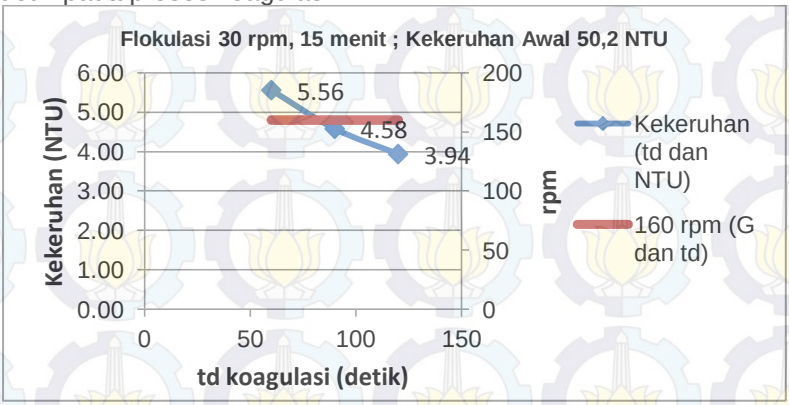
Gambar 4.66 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dari Gambar 4.66 menunjukkan bahwa dengan 100 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 5,05 NTU.



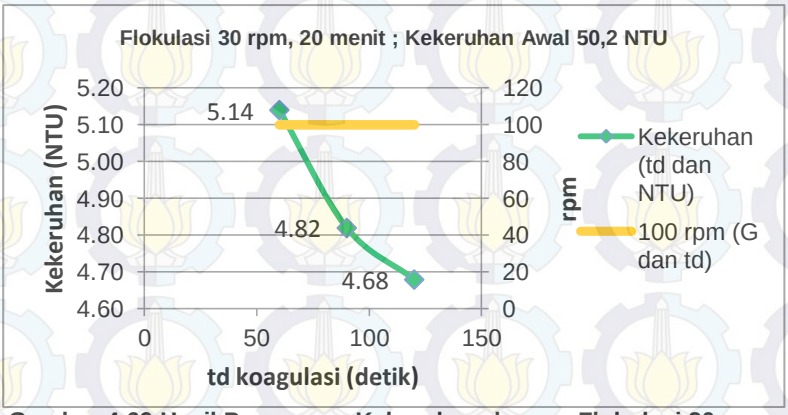
Gambar 4.67 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.67 adalah 130 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.



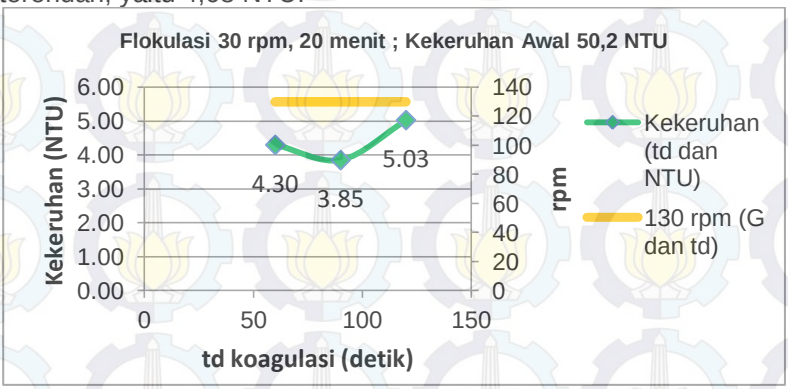
Gambar 4.68 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dari Gambar 4.68 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,94 NTU.



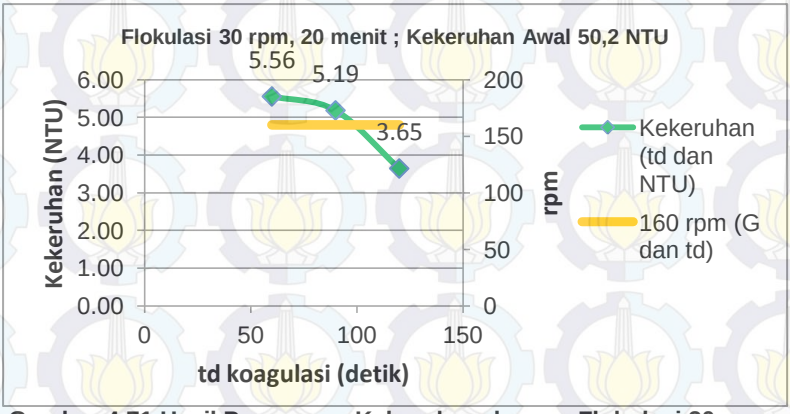
Gambar 4.69 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dari Gambar 4.69 menunjukkan bahwa dengan 100 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 4,68 NTU.



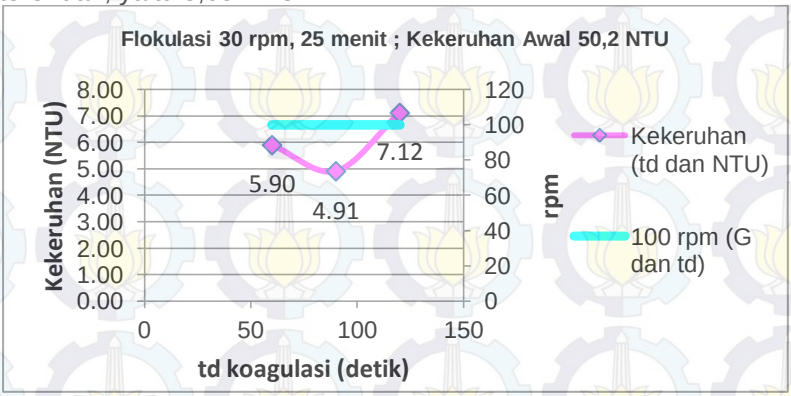
Gambar 4.70 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dari Gambar 4.70 menunjukkan bahwa dengan 130 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,85 NTU.



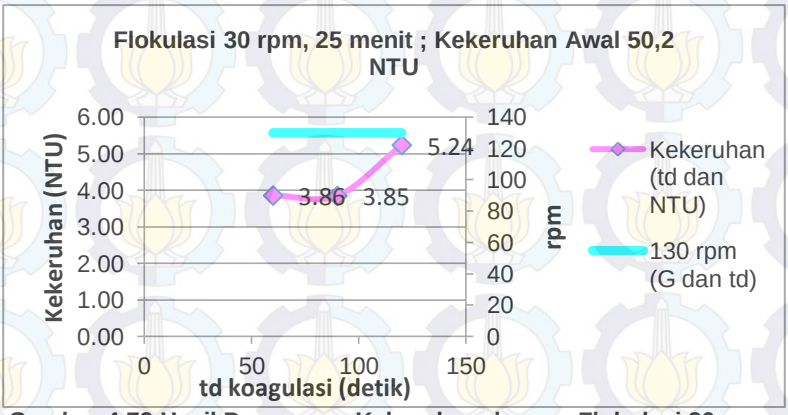
Gambar 4.71 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dari Gambar 4.71 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,65 NTU.



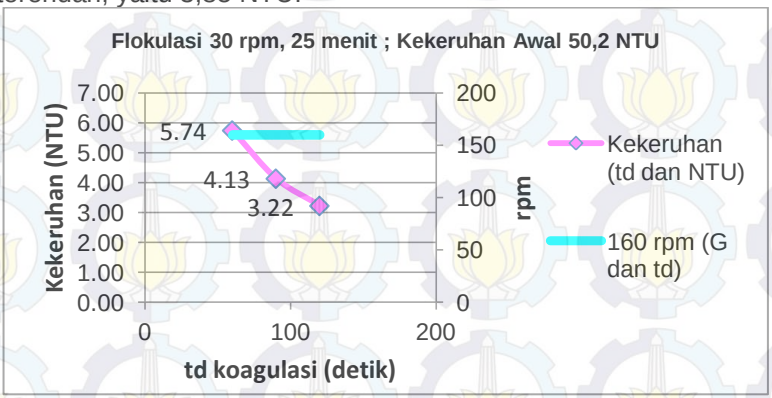
Gambar 4.72 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.72 adalah 100 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.



Gambar 4.73 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

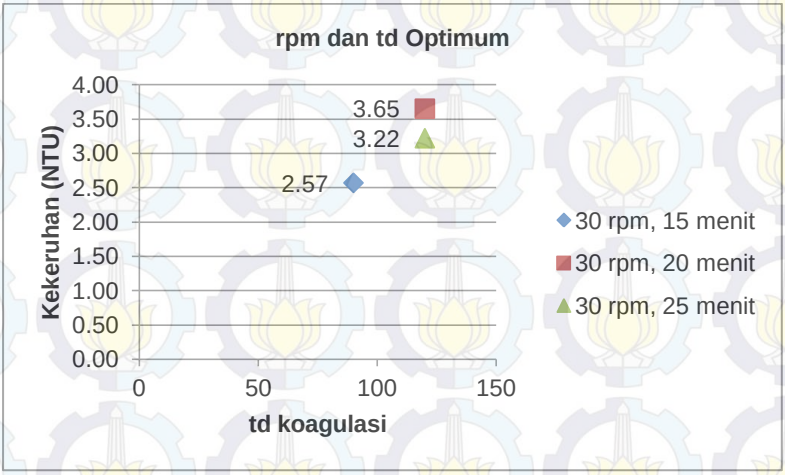
Dari Gambar 4.73 menunjukkan bahwa dengan 130 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,85 NTU.



Gambar 4.74 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 30 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dari Gambar 4.74 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,22 NTU.

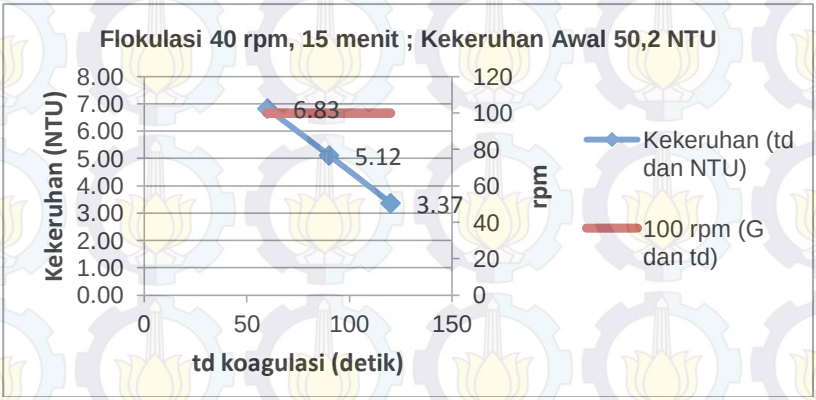
Dari kesembilan grafik diatas, dimana dengan flokulasi 30 rpm, dihasilkan nilai rpm dan td optimum setiap grafiknya pada kekeruhan awal 50,2 NTU. Selanjutnya setiap td berbeda (15 menit, 20 menit, 25 menit) dalam proses flokulasi ditentukan yang paling optimum, yaitu yang menghasilkan kekeruhan terendah dan dapat dilihat pada Gambar 4.75 berikut.



Gambar 4.75 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 30 rpm pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

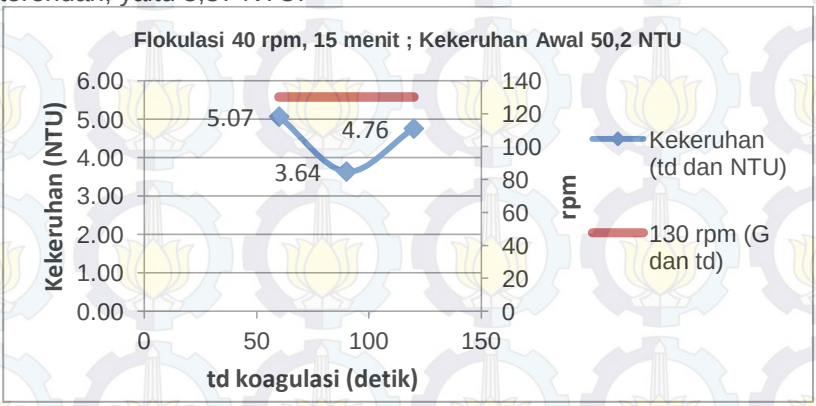
Berdasarkan Gambar 4.75, maka dapat ditentukan nilai rpm dan td paling optimum untuk koagulasi dengan flokulasi 50 rpm, yaitu 160 rpm selama 90 detik (koagulasi) dan dengan 50 rpm selama 15 menit (flokulasi).

Berikutnya adalah penentuan nilai rpm dan td optimum koagulasi dengan kekeruhan awal yang sama, namun dilakukan flokulasi dengan kecepatan pengadukan 40 rpm dengan variasi lama pengadukan 15 menit, 20 menit, dan 25 menit. Variasi nilai rpm untuk koagulasi adalah 100 rpm, 130 rpm, dan 160 rpm dengan td 60 detik, 90 detik, dan 120 detik. Gambar – gambar berikut merupakan hasil rpm dan td optimum yang menghasilkan nilai kekeruhan terendah.



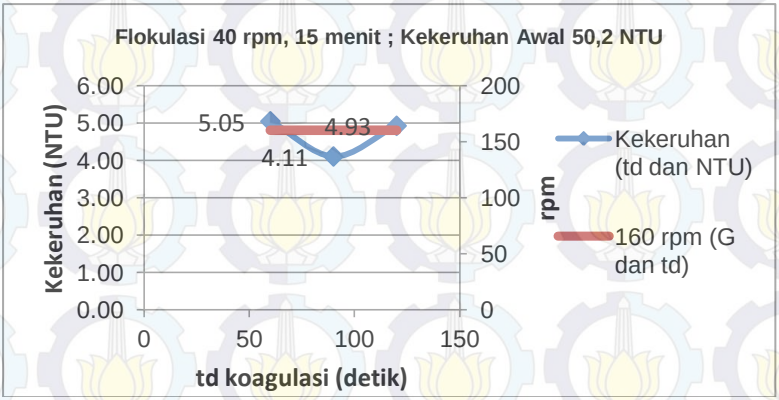
Gambar 4.76 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dari Gambar 4.76 menunjukkan bahwa dengan 100 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,37 NTU.



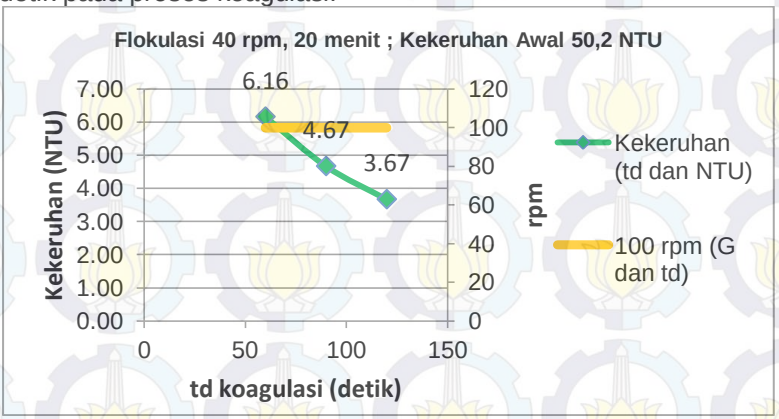
Gambar 4.77 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dari Gambar 4.77 menunjukkan bahwa dengan 130 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,64 NTU.



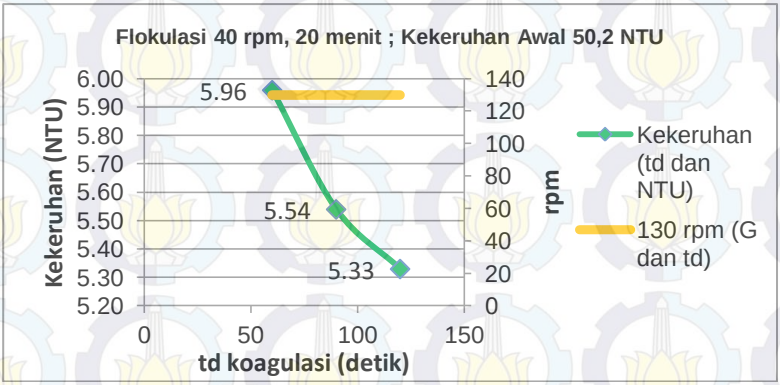
Gambar 4.78 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.78 adalah 160 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.



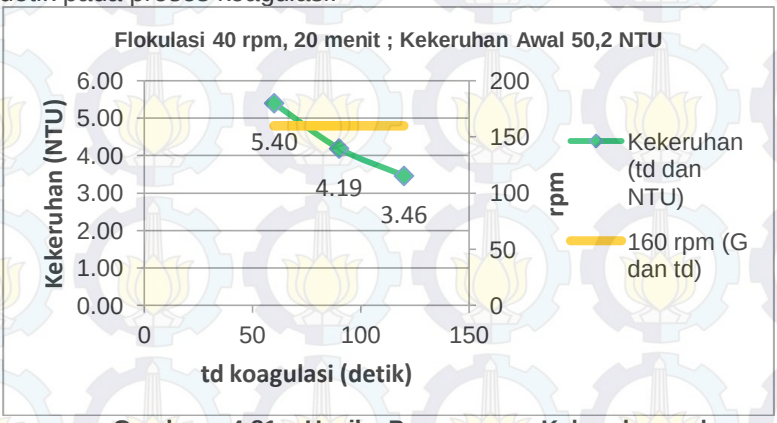
Gambar 4.79 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dari Gambar 4.79 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,67 NTU.



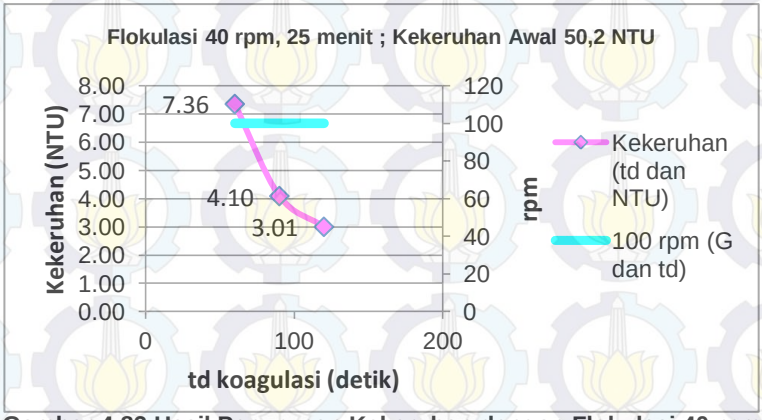
Gambar 4.80 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.80 adalah 130 rpm untuk 120 detik pada proses koagulasi.



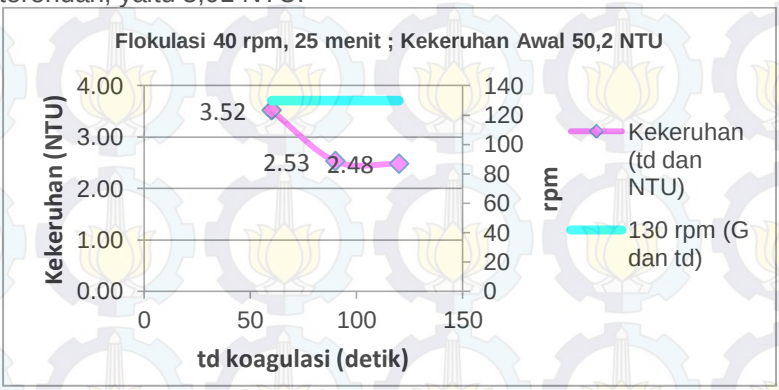
Gambar 4.81 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Gambar 4.81 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,46 NTU.



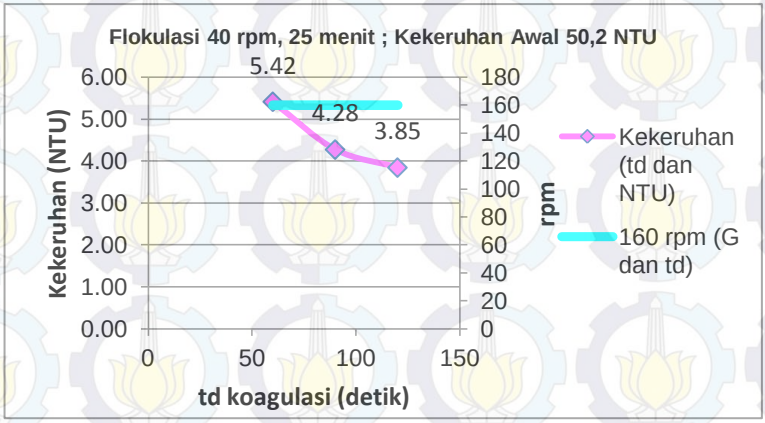
Gambar 4.82 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dari Gambar 4.82 menunjukkan bahwa dengan 100 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,01 NTU.



Gambar 4.83 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpmuntuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

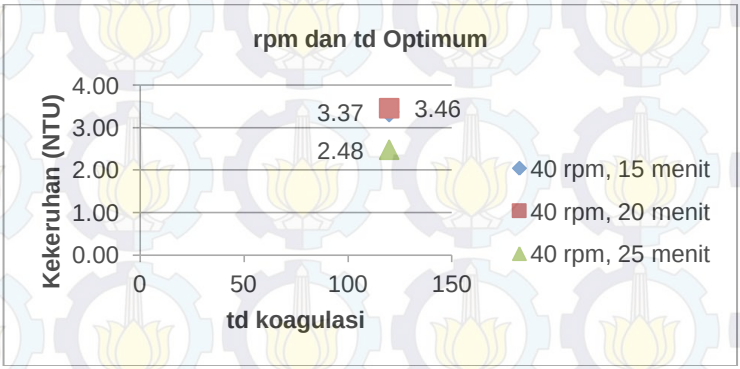
Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.83 adalah 130 rpm untuk 120 detik pada proses koagulasi.



Gambar 4.84 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 40 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpmuntuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dari Gambar 4.84 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,85 NTU.

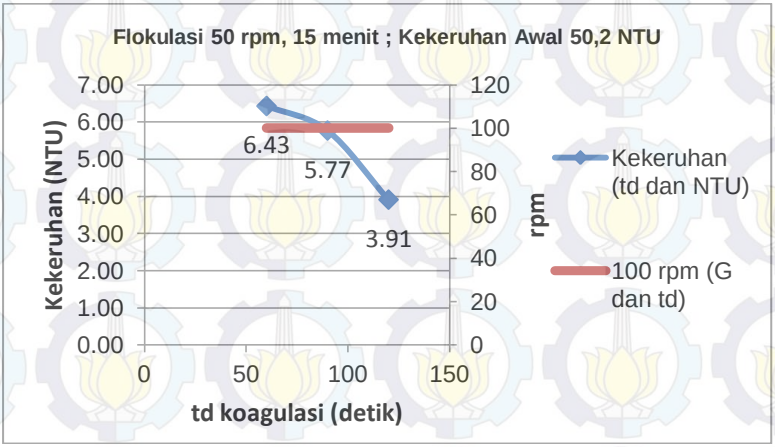
Dari kesembilan grafik diatas, dimana dengan flokulasi 40 rpm, dihasilkan nilai rpm dan td optimum setiap grafiknya pada kekeruhan awal 50,2 NTU. Selanjutnya setiap td berbeda (15 menit, 20 menit, 25 menit) dalam proses flokulasi ditentukan yang paling optimum, yaitu yang menghasilkan kekeruhan terendah dan dapat dilihat pada Gambar 4.85 berikut.



Gambar 4.85 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 40 rpm pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

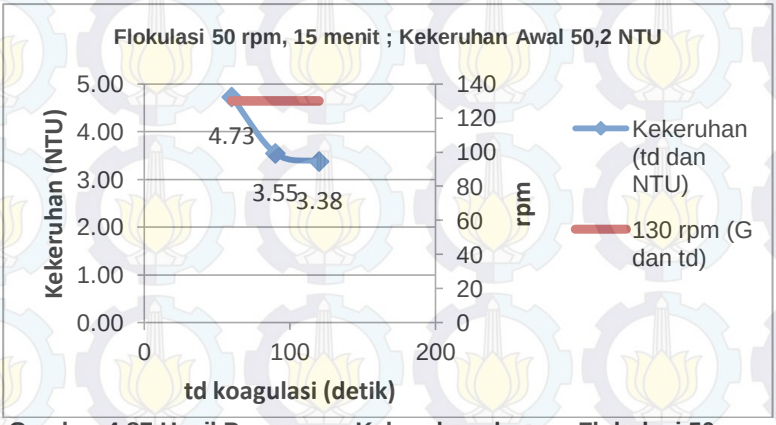
Berdasarkan Gambar 4.85, maka dapat ditentukan nilai rpm dan td paling optimum untuk koagulasi dengan flokulasi 40 rpm, yaitu 130 rpm selama 120 detik (koagulasi) dan dengan 40 rpm selama 25 menit (flokulasi).

Berikutnya adalah penentuan nilai rpm dan td optimum koagulasi dengan kekeruhan awal yang sama, namun dilakukan flokulasi dengan kecepatan pengadukan 50 rpm dengan variasi lama pengadukan 15 menit, 20 menit, dan 25 menit. Variasi nilai rpm untuk koagulasi adalah 100 rpm, 130 rpm, dan 160 rpm dengan td 60 detik, 90 detik, dan 120 detik. Gambar – gambar berikut merupakan hasil rpm dan td optimum yang menghasilkan nilai kekeruhan terendah.



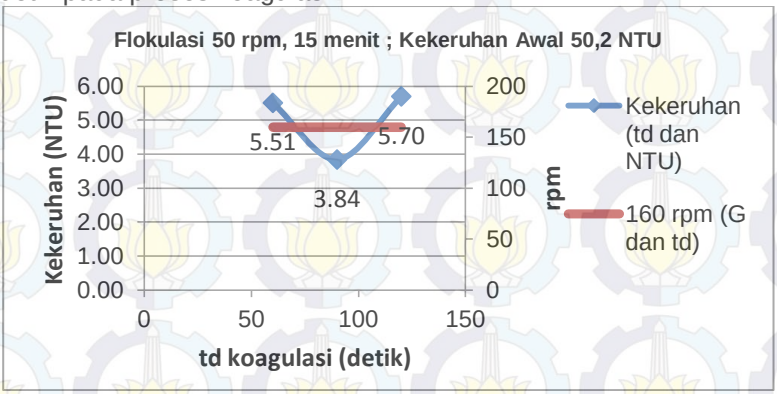
Gambar 4.86 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dari Gambar 4.86 menunjukkan bahwa dengan 100 rpm selama 120 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,91 NTU.



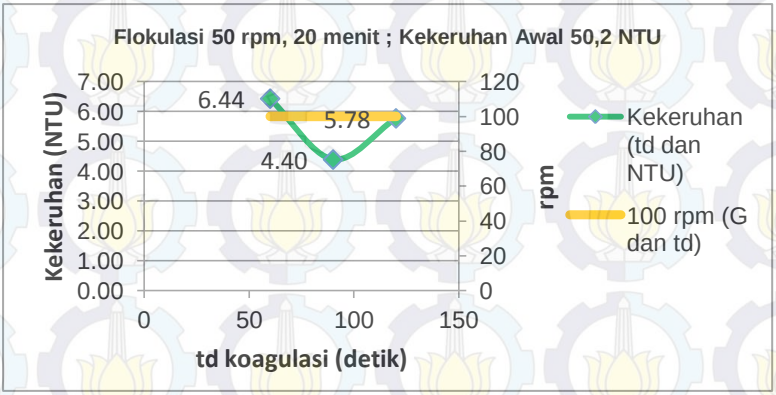
Gambar 4.87 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.87 adalah 130 rpm untuk 120 detik pada proses koagulasi.



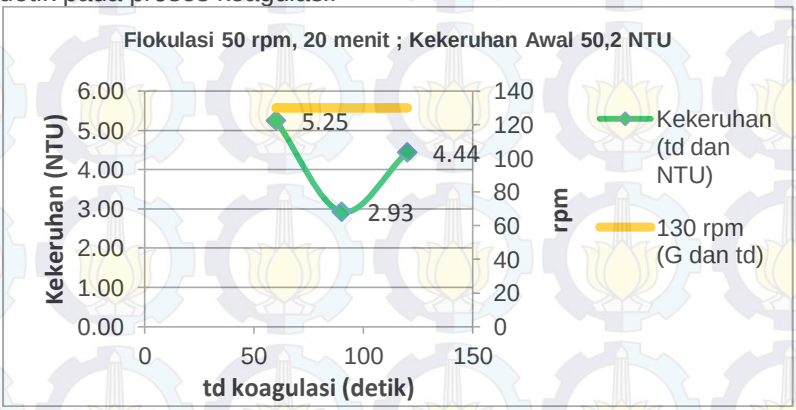
Gambar 4.88 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 15 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dari Gambar 4.88 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,84 NTU.



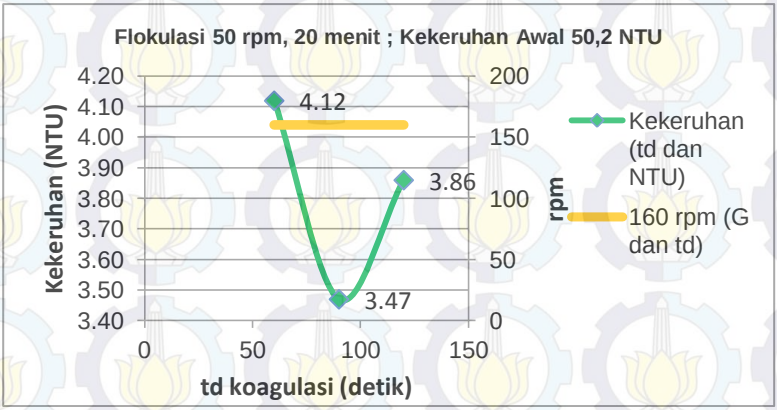
Gambar 4.89 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.89 adalah 100 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.



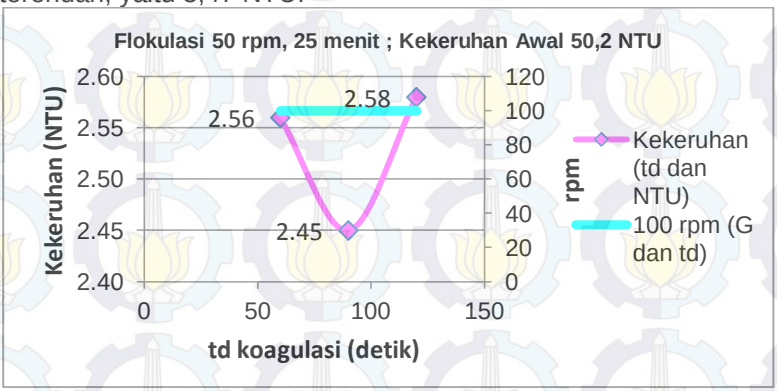
Gambar 4.90 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.90 adalah 130 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi dan menghasilkan kekeruhan 2,93 NTU.



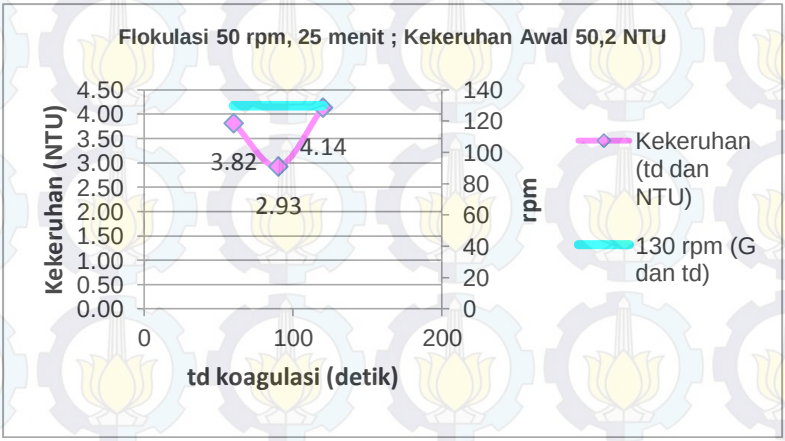
Gambar 4.91 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 20 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dari Gambar 4.91 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 3,47 NTU.



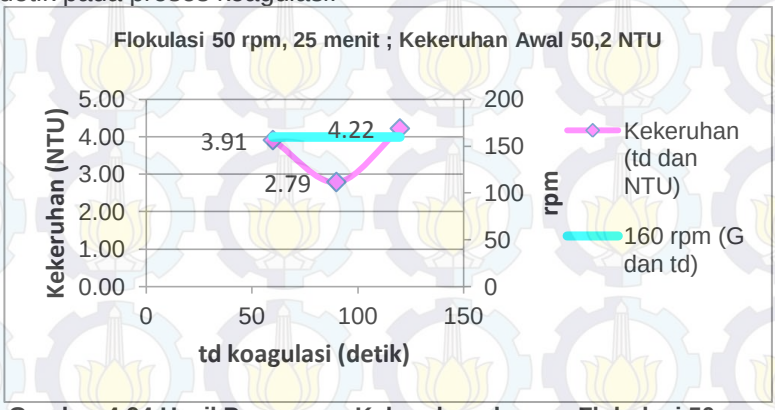
Gambar 4.92 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 100 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dari Gambar 4.92 menunjukkan bahwa dengan 100 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 2,45 NTU.



Gambar 4.93 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 130 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

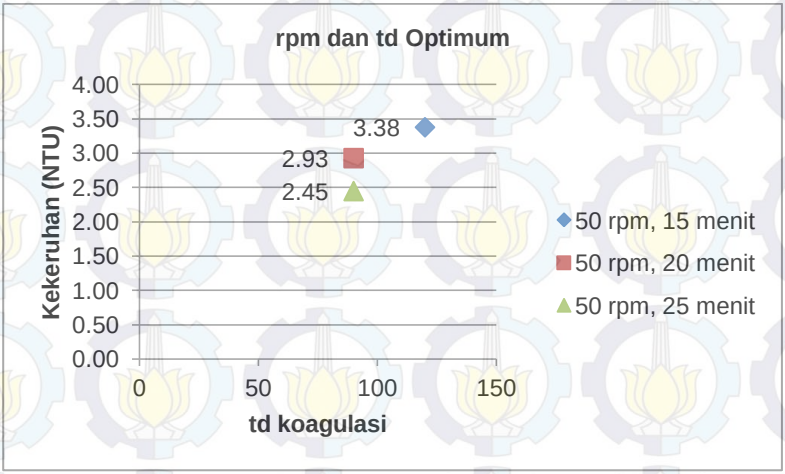
Nilai rpm dan td yang menghasilkan kekeruhan terendah berdasarkan Gambar 4.93 adalah 130 rpm untuk 90 detik pada proses koagulasi.



Gambar 4.94 Hasil Penurunan Kekeruhan dengan Flokulasi 50 rpm selama 25 menit, Koagulasi 160 rpm untuk td 60 detik, 90 detik, 120 detik pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dari Gambar 4.94 menunjukkan bahwa dengan 160 rpm selama 90 detik untuk koagulasi menghasilkan kekeruhan terendah, yaitu 2,79 NTU.

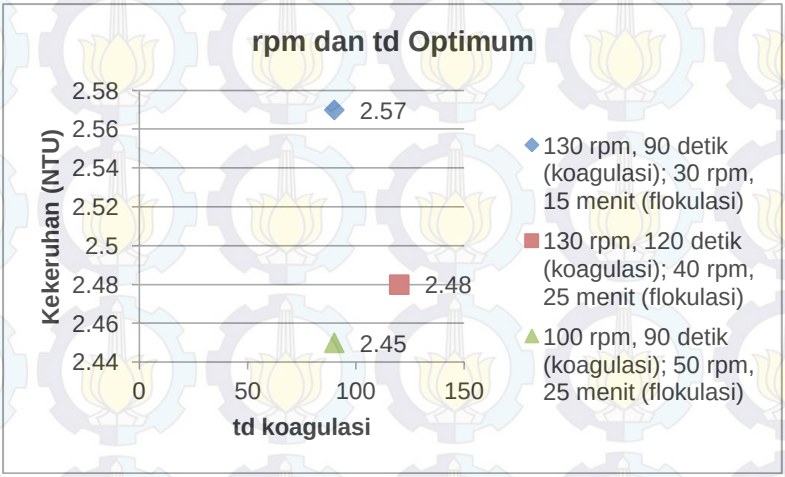
Dari kesembilan grafik diatas, dimana dengan flokulasi 50 rpm, dihasilkan nilai rpm dan td optimum setiap grafiknya pada kekeruhan awal 50,2 NTU. Selanjutnya setiap td berbeda (15 menit, 20 menit, 25 menit) dalam proses flokulasi ditentukan yang paling optimum, yaitu yang menghasilkan kekeruhan terendah dan dapat dilihat pada Gambar 4.95 berikut.



Gambar 4.95 Hasil rpm dan td Optimum dengan Flokulasi 50 rpm pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Berdasarkan Gambar 4.95, maka dapat ditentukan nilai rpm dan td paling optimum untuk koagulasi dengan flokulasi 50 rpm, yaitu 100 rpm selama 120 detik (koagulasi) dan dengan 50 rpm selama 25 menit (flokulasi).

Dari Gambar 4.75, Gambar, 4.85, dan Gambar 4.95 dapat disimpulkan bahwa nilai rpm dan td optimum untuk koagulasi dan flokulasi pada kekeruhan awal 50,2 NTU NTU dapat dilihat pada Gambar 4.96 berikut.



Gambar 4.96 Hasil rpm dan td Optimum Koagulasi dan Flokulasi pada Kekeruhan Awal 50,2 NTU.

Pada kekeruhan 30,4 NTU dan 40,5 NTU, proses koagulasi membutuhkan kecepatan pengadukan yang cepat. Beda halnya dengan kekeruhan 50,2 NTU yang ditunjukkan pada Gambar 4.96, bahwa kekeruhan akhir terendah, yaitu 2,45 NTU, dilakukan dengan kecepatan 100 rpm karena jarak antar partikel koloid berdekatan dan bahan kimia yang dibubuhkan telah tercampur rata, sehingga dihasilkan tumbukan antar partikel koloid yang banyak, sehingga terbentuk flok-flok yang mudah mengendap yang didukung dengan td flokulasi yang lama (25 menit), dimana pada td panjang memberikan kesempatan untuk flok-flok bertumbuh.

Penelitian selanjutnya adalah melakukan pengecekan terhadap *polyacrylamide*. Pengecekan dilakukan untuk mengetahui apakah *polyDADMAC* dapat menggantikan *polyacrylamide* sebagai flokulan yang efektif. Penelitian pengecekan menggunakan variasi kekeruhan yang sama, yaitu 30,4 NTU, 40,5 NTU, dan 50,2 NTU. Dosis yang dibubuhkan adalah dosis optimum yang didapatkan dari penentuan dosis optimum alum dan *polyDADMAC* untuk masing – masing kekeruhan, yaitu 30 ppm alum dan 0,2 ppm *polyDADMAC* untuk

kekeruhan 30,4 NTU dan 40,5 NTU dan 50 ppm alum dan 0,2 ppm *polyDADMAC* untuk kekeruhan 50,2 NTU. Sama halnya dengan G dan td yang akan digunakan dalam penelitian ini. G dan td yang digunakan adalah G dan td optimum. Tabel 4.3 berikut merupakan hasil pengecekan dengan menggunakan *polyacrylamide*.

Tabel 4.3 Hasil Pengecekan dengan Menggunakan *Polyacrylamide*

Bahan Kimia	Kekeruhan Akhir (NTU)	pH
Kekeruhan Awal 30,4 NTU		
alum + *polyDADMAC*	2.30	7.24
alum + *polyacrylamide*	4.88	7.51
Kekeruhan Awal 40,5 NTU		
alum + *polyDADMAC*	2.55	7.42
alum + *polyacrylamide*	2.56	7.28
Kekeruhan Awal 50,2 NTU		
alum + *polyDADMAC*	2.45	7.13
alum + *polyacrylamide*	2.02	7.24

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa untuk kekeruhan awal 30,4 NTU dengan menggunakan kombinasi alum dan *polyacrylamide* menghasilkan kekeruhan sebesar 4,88 NTU dengan pH 7,51, sedangkan kombinasi alum dan *polyDADMAC* menghasilkan kekeruhan sebesar 2,30 NTU dan pH 7,24. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi alum dan *polyDADMAC* mempunyai tingkat efektifitas yang tinggi dalam menurunkan kekeruhan. Kombinasi alum dan *polyDADMAC* pada kekeruhan 40,5 NTU juga menghasilkan kekeruhan akhir (setelah melalui proses koagulasi dan flokulasi) yang lebih baik dibanding kombinasi alum dan *polyacrylamide* walaupun hasilnya tidak berbeda jauh. Hal tersebut disebabkan *polyDADMAC* merupakan jenis polimer kationik (bermuatan positif) yang mempunyai kecenderungan lebih besar untuk mengadsorbsi muatan negatif

(Yu, 2010) pada partikel – partikel di dalam air dibandingkan *polyacrylamide* yang merupakan polimer jenis anionik (bermuatan negatif). *Polyacrylamide* memiliki berat molekul yang besar dan berfungsi sebagai jembatan diantara flok yang telah terbentuk (Ariffin, 2011) dan membuat ukuran flok menjadi lebih besar. Dikarenakan kekeruhan awal 30,4 NTU dan 40,5 NTU tergolong kekeruhan yang rendah, dimana kekeruhan rendah jarak antar partikelnya berjauhan, maka dosis yang diperlukan oleh *polyacrylamide* lebih tinggi dari dosis optimum yang digunakan dalam pengecekan kali ini. Oleh karena rendahnya dosis *polyacrylamide*, maka kekeruhan yang dihasilkan tinggi. Hasil tersebut berbeda dengan kekeruhan awal 50,2 NTU, dimana *polyacrylamide* bekerja dengan baik, sehingga menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah dibanding sewaktu menggunakan *polyDADMAC*, yaitu 2,02 NTU. Hal tersebut dikarenakan kekeruhan 50,2 NTU merupakan kekeruhan yang tinggi, dimana Hammer (1977) menyatakan bahwa semakin tinggi kekeruhan air, maka koagulan yang dibutuhkan semakin sedikit. Hal ini dikarenakan jarak antar partikelnya berdekatan, sehingga tumbukan yang terjadi lebih besar. Pernyataan tersebut dibuktikan dengan penggunaan *polyacrylamide* pada kekeruhan 50,2 NTU, dimana dosis yang digunakan *polyacrylamide* merupakan dosis rendah, yaitu 0,2 ppm, sedangkan berat molekul *polyacrylamide* besar, sehingga flok yang terbentuk semakin besar dan mudah mengendap, akibatnya kekeruhan yang dihasilkan semakin rendah.

Walaupun, *polyacrylamide* memiliki tingkat efektifitas yang tinggi dalam penurunan kekeruhan dengan kekeruhan awal 50,2 NTU, namun polimer yang digunakan dalam penelitian ini adalah *polyDADMAC* karena *polyDADMAC* menunjukkan keefektifan dalam penurunan kekeruhan untuk kekeruhan awal 30,4 NTU dan 40,5 NTU. Selain itu, pemilihan polimer berdasarkan atas pengeluaran biaya dikeluarkan. Harga p*olyacrylamide* lebih mahal dibanding harga *polyDADMAC*.

Kebutuhan alum = 1750 L/detik x 50 mg/L
= 87.500 mg/detik
= 0,0575 kg/detik
= 7.560 kg/hari

Kebutuhan *polyDADMAC*	= 1750 L/detik x 0,2 mg/L
	= 350 mg/detik
	= 0,00035 kg/detik
	= 30,24 kg/hari
Biaya pengeluaran / hari	= (7.560 kg/hari x 5.000/kg)+ (30,24 kg/hari x 12.000/kg)
	= Rp. 38.162.880/hari
Biaya pengeluaran / bulan	= Rp. 38.162.880/harix30hari
	= Rp. 1.144.886.400/bulan

Berikut perhitungan biaya yang dikeluarkan jika menggunakan *polyacrylamide*.

Kebutuhan alum	= 1750 L/detik x 50 mg/L
	= 87.500 mg/detik
	= 0,0575 kg/detik
	= 7.560 kg/hari
Kebutuhan *polyacrylamide*	= 1750 L/detik x 0,2 mg/L
	= 350 mg/detik
	= 0,00035 kg/detik
	= 30,24 kg/hari
Biaya pengeluaran / hari	= (7.560 kg/hari x 5.000/kg)+ (30,24 kg/hari x 18.000/kg)
	= Rp. 38.344.320/hari
Biaya pengeluaran / bulan	= Rp. 38.344.320/harix30hari
	= Rp. 1.150.329.600/bulan

Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 merupakan perbandingan biaya yang dikeluarkan antara alum dan *polyDADMAC* dengan alum dan *polyacrylamide*.

Tabel 4.4 Analisis Pengeluaran Biaya jika Menggunakan Alum dan *PolyDADMAC*

Kekeruhan Awal (NTU)	Dosis alum (ppm)	Dosis *polyDADMAC* (ppm)	Harga alum per kg	Harga *polyDADMAC* per kg	Total Biaya per bulan
30,4	30	0,2	Rp 5.000	Rp 12.000	Rp 691.286.400
40,5	30	0,2			Rp 691.286.400
50,2	50	0,2			Rp 1.144.886.400

Tabel 4.5 Analisis Pengeluaran Biaya jika Menggunakan Alum dan *Polyacrylamide*

Kekeruhan Awal (NTU)	Dosis alum (ppm)	Dosis *polyacrylamide* (ppm)	Harga alum per kg	Harga *polyacrylamide* per kg	Total Biaya per bulan
30,4	30	0,2	Rp 5.000	Rp 18.000	Rp 696.729.600
40,5	30	0,2			Rp 696.729.600
50,2	50	0,2			Rp 1.150.329.600

Dengan melihat Tabel 4.4 dan Tabel 4.5, biaya yang dikeluarkan jika menggunakan alum dan *polyDADMAC* lebih murah dibandingkan dengan menggunakan alum dan *polyacrylamide*. Selisih biaya yang dikeluarkan untuk ketiga variasi kekeruhan adalah Rp. 5.443.200. Oleh karena itu, dalam penelitian dengan skala laboratorium ini, jenis polimer yang digunakan adalah *polyDADMAC* karena selain harganya lebih murah, efektifitas penurunan kekeruhan juga rendah.

Selain harga bahan kimia, yang dipertimbangkan adalah biaya energi yang dikeluarkan selama proses koagulasi dan flokulasi dalam skala laboratorium dengan. Biaya per kWh disesuaikan berdasarkan *tarif adjustment* PLN bulan Desember 2014, dimana daya alat *jar test* sebesar 200 watt. Pemakaian dilakukan selama 12 jam/hari, maka dalam satu bulan dibutuhkan 360 jam/30 hari. Tabel 4.6 merupakan rincian biaya energi yang dibutuhkan untuk setiap G koagulasi dan flokulasi.

Tabel 4.6 Rincian Biaya Energi yang Dikeluarkan

G (/detik)	P (watt)	P (kWh)	Biaya per kWH	Biaya
Koagulasi				
172	0.025	0.00002	Rp 1,496.33	Rp 2,653.19
254	0.054	0.00005		Rp 5,829.05
347	0.101	0.00010		Rp 10,867.45
Flokulasi				
28	0.001	0.000001	Rp 1,496.33	Rp 71.64
43	0.002	0.000002		Rp 169.80
61	0.003	0.000003		Rp 331.65

Dari Tabel 4.6 dapat ditentukan biaya yang dikeluarkan untuk G dan td optimal pada masing – masing kekeruhan yang dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Rincian Biaya Energi yang Dikeluarkan untuk G dan td Optimal pada Masing – Masing Kekeruhan

G (/detik)	td (detik)	Biaya
Kekeruhan Awal 30,4 NTU		
347	120	Rp 10,867.45
61	900	Rp 331.65
Total		**Rp 11,199.10**
Kekeruhan Awal 40,5 NTU		
347	90	Rp 10,867.45
61	900	Rp 331.65
Total		**Rp 11,199.10**
Kekeruhan Awal 50,2 NTU		
172	90	Rp 2,653.19
61	1500	Rp 331.65
Total		**Rp 2,984.83**

Tabel 4.8 Total Biaya yang Dikeluarkan untuk Bahan Kimia (Alum dan *PolyDADMAC*) dan Energi

Kekeruhan Awal (NTU)	Biaya Bahan Kimia	Biaya Energi	Total Biaya
30,4	Rp 691,286,400	Rp 11,199.10	Rp 691,297,599
40,5	Rp 691,286,400	Rp 11,199.10	Rp 691,297,599
50,2	Rp 1,144,886,400	Rp 2,984.83	Rp 1,144,889,385

"Halaman Sengaja Dikosongkan"

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian, antara lain:

1. Dosis optimum untuk kekeruhan awal 30,4 NTU dan 40,5 NTU adalah 30 ppm aluminium sulfat dan 0,2 ppm *polyDADMAC*, sedangkan untuk kekeruhan awal 50,2 NTU dosis optimum yang digunakan adalah 50 ppm aluminium sulfat dan 0,2 ppm *polyDADMAC*.
2. Gradien kecepatan (G) dan lama pengadukan (td) yang efektif untuk proses koagulasi dan flokulasi pada kekeruhan awal 30,5 NTU adalah 347/detik selama 120 detik dan 61/detik selama 15 menit. Untuk kekeruhan awal 40,5 NTU, gradien kecepatan (G) dan lama pengadukan (td) pada proses koagulasi adalah 347/detik selama 90 detik, sedangkan proses flokulasi gradien kecepatan dan lama pengadukan berturut-turut adalah 61/detik dan 15 menit. Pada kekeruhan awal 50,2 NTU, gradien kecepatan dan lama pengadukan pada proses koagulasi adalah 172/detik selama 90 detik dan G dan td yang efektif pada proses flokulasi adalah 61/detik selama 25 menit.
3. Pada kekeruhan awal 30,5 NTU dan 40,5 NTU, total biaya yang dikeluarkan untuk bahan kimia (alum dan *polyDADMAC*) dan energi pada skala laboratorium adalah Rp 691.297.599, sedangkan pada kekeruhan awal 50,2 NTU biaya yang dikeluarkan adalah Rp 1.144.889.385.

5.2 Saran

Adanya beberapa permasalahan yang terjadi dalam penelitian ini, maka ada beberapa saran dari penulis, yaitu:

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut untuk jenis polielektrolit lain dengan harga yang lebih murah.
2. Dilakukan penelitian lebih lanjut untuk beberapa variasi gradien kecepatan (G) dan lama pengadukan (td) dengan rentang nilai yang lebih kecil.
3. Sebaiknya PDAM melakukan optimalisasi dosis bahan kimia yang digunakan pada musim kemarau.

"Halaman Sengaja Dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2010. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*. Jakarta.

Ariffin, A., M.A.A. Razali, Z. Ahmad. 2011. *PolyDADMAC and Polyacrylamide as a Hybrid Flocculation System in the Treatment of Pulp and Paper Mills Waste water*. Chemical Engineering Journal 179, 107-111.

BARR. 2013. *Environmental Impacts of Water Treatment Chemicals at Industrial Sand Mines*. Barr White Paper : Barr Engineering Co.

Droste, R.L. 1997. *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. New York : John Wiley and Sons, Inc.

Ebeling, J.M. dan Ogden, S.R. 2004. *Application of Chemical Coagulation Aids for the Removal of Suspended Solids (TSS) and Phosphorus from the Microscreen Effluent Discharge of an Intensive Recirculating Aquaculture System.* North American Journal of Aquaculture 66, 198 – 207.

Efriendi, B. 2008. *Pengaruh Konsentrasi Optimum Tawas Terhadap Turbiditas dengan Metode Jar Test di PDAM Tirtanadi Instalasi Sunggal*. Medan : Universitas Sumatera Utara.

Environmental Protection Agency. 2002. *Water Treatment Manuals. Coagulation, Flocculation, and Clarification*. Ireland : Johnstown Castle Estate, Co.

Gidde, M.R. dan Bhalerao, A.R. 2010. *Optimisation of Physical Parameters of Coagulation-Flocculation Process in Water Treatment*. University of Mauritius : International Congress on Research.

Hadi, W. 2012. *Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum*. Surabaya : ITS Press.

Hammer, M. J. 1977. *Water and Wastewater Techonology*. SI Version. Toronto : John Wiley an Sons, Inc.

Kan, C. H., C, P. J. 2002. *Time Requirement for Rapid-Mixing in Coagulation.* Physiochemical and Engineering Aspects 203, 1 – 9.

Leopold, P. dan Freese, S.D. 2009. *A Simple Guide to the Cemistry, Selection and Use of Chemicals for Water and Wastewater Treatment*. South Africa : Water Research Commission.

Masduqi, A. dan Assomadi, A.F. 2012. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Surabaya : ITS press.

Mwangi, I.W., Ngila, J.C., Ndungu, P., Msagati, T.A.M. 2013. *Method Development for the Determination of Diallyldimethylammonium Chloride at Trace Levels by Epoxidation Process*. Water Air Soil Pollutant, 224 : 1638.

Nozaic, D.J., S.D. Freese, P. Thompson. 2000. An Evaluation of The Long Term Use of Polymeric Coagulants at Umgeniwater. Water Institute of Southern African Biannual Conference (WISA), 1-10.

Park, No-Suk, Park,H., dan Jong-Sub Kim. 2003. *Examining the Effect of Hydraulic Turbulence in A Rapid Mixer on Turbidity Removal with CFD Simulation and PIV Analysis*. Journal of Water Supply : Research and Technology-AQUA, 52.2.

Paul, C.N. 1995. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technology*. New Jersey : Macel Dekker Inc.

Rambe, A.M. 2009. *Pemanfaatan Biji Kelor (Moringa Oleifera) sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Penjernihan*

Limbah Cair Industri Tekstil. Medan : Universitas Sumatera Utara.

Reynolds, T.D., dan Richards, P.A. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering.* Boston : PWS Publishing Company.

Samosir, A. 2009. *Pengaruh Tawas dan Diatomea (Diatomaceous Earth) dalam Proses Pengolahan Air Gambut dengan Metode Elektrokoagulasi.* Medan : Universitas Sumatera Utara.

Susanto, R. 2008. *Optimasi Kaogulasi-Flokulasi dan Analisis Kualitas Air pada Industri Semen*. Jakarta : Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

Tripathy, T. dan Ranjan De, B. 2006. Flocculation : A New Way to Treat the Waste Water. Journal of Physics Sciences 10, 93 – 127.

Wilson, L.D. 2014. *An Overview of Coagulation-Flocculation Technology*. Water Conditioning and Purification.

Yu, W., Gregory,J., Compos, L.C. 2010. *Breakage and Re-Growth of Flocs Formed by Charge Neutralization Using Alum and polyDADMAC*. Water Research 44, 3959-3965.

"Halaman Sengaja Dikosongkan"

Perhitungan Nilai G Koagulasi-Flokulasi

Pada penelitian ini, digunakan suhu 28°C, maka :
ρ = 996,26 kg/m^3
μ = 0,0008363 N.detik/m^2

- Koagulasi
  1. 100 rpm (1,67 rps)
     P = K_T . n^3 . Di^5 . ρ
     = 2,55 . (1,67)^3 rps . (0,075)^{5}m . 996,26 kg/m^3
     = 0,028 N.m/detik
     G = $\sqrt{\frac{P}{\mu.V}}$ = $\sqrt{\frac{0{,}028\ N.m/detik}{0{,}0008363\ N.detik/m2\ .0{,}001m3}}$ = 172/detik

  2. 130 rpm (2,17 rps)
     P = K_T . n^3 . Di^5 . ρ
     = 2,55 . (2,17)^3 rps . (0,075)^{5}m . 996,26 kg/m^3
     = 0,062 N.m/detik
     G = $\sqrt{\frac{P}{\mu.V}}$ = $\sqrt{\frac{0{,}062\ N.m/detik}{0{,}0008363\ N.detik/m2\ .0{,}001m3}}$ = 254/detik

  3. 160 rpm (2,67 rps)
     P = K_T . n^3 . Di^5 . ρ
     = 2,55 . (2,67)^3 rps . (0,075)^{5}m . 996,26 kg/m^3
     = 0,115 N.m/detik
     G = $\sqrt{\frac{P}{\mu.V}}$ = $\sqrt{\frac{0{,}115\ N.m/detik}{0{,}0008363\ N.detik/m2\ .0{,}001m3}}$ = 347/detik

- Flokulasi
  1. 30 rpm (0,5 rps)
     P = K_T . n^3 . Di^5 . ρ
     = 2,55 . (0,5)^3 rps . (0,075)^5 m . 996,26 kg/m^3
     = 0,00075 N.m/detik
     G = $\sqrt{\frac{P}{\mu.V}}$ = $\sqrt{\frac{0{,}00075\ N.m/detik}{0{,}0008363\ N.detik/m2\ .0{,}001m3}}$ = 28/detik

2. 40 rpm (0,67 rps)

$P = K_T \cdot n^3 \cdot Di^5 \cdot \rho$

$= 2{,}55 \cdot (0{,}67)^3$ rps $\cdot (0{,}075)^5$ m $\cdot$ 996,26 kg/m^3

= 0,0018 N.m/detik

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu.V}} = \sqrt{\frac{0{,}0018\ N.m/detik}{0{,}0008363\ N.detik/m2\ .0{,}001m3}} = 43/\text{detik}$$

3. 50 rpm (0,83 rps)

$P = K_T \cdot n^3 \cdot Di^5 \cdot \rho$

$= 2{,}55 \cdot (0{,}83)^3$ rps $\cdot (0{,}075)^5$ m $\cdot$ 996,26 kg/m^3

= 0,0034 N.m/detik

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu.V}} = \sqrt{\frac{0{,}0034\ N.m/detik}{0{,}0008363\ N.detik/m2\ .0{,}001m3}} = 61/\text{detik}$$

Tabel B.1 Dosis Optimum Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Dosis (ppm)		Kekeruhan Akhir (NTU)	pH
Aluminium Sulfat	PolyDADMAC		
20	0.1	7.94	7.3
	0.2	7.46	7.39
	0.3	8.30	7.43
	0.4	8.06	7.39
	0.5	8.02	7.40
30	0.1	5.38	7.18
	0.2	4.00	7.26
	0.3	7.00	7.26
	0.4	4.74	7.24
	0.5	6.12	7.26
40	0.1	5.65	7.08
	0.2	5.28	6.97
	0.3	4.70	7.07
	0.4	5.45	7.05
	0.5	7.88	7.09
50	0.1	6.55	6.95
	0.2	5.03	6.96
	0.3	5.17	6.96
	0.4	6.24	6.96
	0.5	6.69	6.94
60	0.1	3.16	6.90
	0.2	2.89	6.92
	0.3	4.34	6.88
	0.4	3.42	6.91
	0.5	5.19	6.88

Tabel B.2 Dosis Optimum Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Dosis (ppm)		Kekeruhan Akhir (NTU)	pH
Aluminium Sulfat	PolyDADMAC		
20	0.1	8.41	7.42
	0.2	7.93	7.34
	0.3	6.53	7.44
	0.4	8.35	7.33
	0.5	9.37	7.23
30	0.1	5.49	7.29
	0.2	4.28	7.28
	0.3	6.82	7.33
	0.4	5.60	7.34
	0.5	7.15	7.35
40	0.1	6.89	7.09
	0.2	5.38	7.31
	0.3	5.99	7.33
	0.4	5.76	7.25
	0.5	5.87	7.28
50	0.1	4.19	7.16
	0.2	2.98	7.22
	0.3	3.69	7.16
	0.4	2.92	7.12
	0.5	5.03	7.11
60	0.1	3.07	7.13
	0.2	2.28	7.13
	0.3	4.47	7.17
	0.4	3.25	7.20
	0.5	4.72	7.20

Tabel B.3 Dosis Optimum Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Dosis (ppm)		Kekeruhan Akhir (NTU)	pH
Aluminium Sulfat	PolyDADMAC		
20	0.1	8.70	7.18
	0.2	7.10	7.19
	0.3	5.32	6.93
	0.4	8.50	7.19
	0.5	9.88	7.15
30	0.1	10.1	7.06
	0.2	9.78	7.15
	0.3	9.50	7.10
	0.4	8.45	7.21
	0.5	13.1	7.09
40	0.1	9.10	6.95
	0.2	6.39	6.88
	0.3	5.44	6.86
	0.4	9.27	6.99
	0.5	9.46	7.16
50	0.1	9.14	6.97
	0.2	3.70	7.09
	0.3	7.27	6.93
	0.4	6.64	7.10
	0.5	6.60	7.03
60	0.1	6.49	6.92
	0.2	4.68	6.99
	0.3	4.75	6.97
	0.4	4.92	7.01
	0.5	7.61	7.06

Tabel B.4 Variasi Nilai rpm dan td Koagulasi-Flokulasi dengan Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Koagulasi		Flokulasi		Kekeruhan Akhir (NTU)	pH
rpm	td (detik)	rpm	td (menit)		
100	60	30	15	4.00	7.30
	90			3.20	7.35
	120			4.32	7.19
100	60	30	20	5.00	7.42
	90			4.30	7.46
	120			5.66	7.29
100	60	30	25	4.50	7.44
	90			4.40	7.49
	120			6.28	7.34
130	60	30	15	4.00	7.33
	90			3.00	7.31
	120			4.23	7.23
130	60	30	20	6.56	7.30
	90			4.35	7.24
	120			4.14	7.28
130	60	30	25	5.32	7.35
	90			4.84	7.26
	120			4.68	7.27
160	60	30	15	5.00	7.35
	90			4.30	7.36
	120			4.25	7.24
160	60	30	20	3.70	7.33
	90			2.80	7.39
	120			4.41	7.28
160	60	30	25	5.29	7.29
	90			4.99	7.33
	120			5.89	7.34

Tabel B.5 Variasi Nilai rpm dan td Koagulasi-Flokulasi dengan Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Koagulasi		Flokulasi		Kekeruhan Akhir (NTU)	pH
rpm	td (detik)	rpm	td (menit)		
100	60	40	15	4.64	7.28
	90			3.58	7.23
	120			3.87	7.28
100	60	40	20	4.90	7.40
	90			2.60	7.45
	120			4.93	7.36
100	60	40	25	5.66	7.34
	90			4.57	7.35
	120			5.30	7.36
130	60	40	15	3.60	7.19
	90			3.40	7.17
	120			3.70	7.24
130	60	40	20	5.20	7.23
	90			4.10	7.25
	120			4.70	7.37
130	60	40	25	4.70	7.28
	90			4.50	7.29
	120			5.10	7.32
160	60	40	15	4.20	7.44
	90			3.30	7.27
	120			3.50	7.29
160	60	40	20	6.10	7.33
	90			4.40	7.29
	120			5.10	7.34
160	60	40	25	4.80	7.36
	90			4.30	7.44
	120			4.70	7.37

Tabel B.6 Variasi Nilai rpm dan td Koagulasi-Flokulasi dengan Kekeruhan Awal 30,4 NTU

Koagulasi		Flokulasi		Kekeruhan Akhir (NTU)	pH
rpm	td (detik)	rpm	td (menit)		
100	60	50	15	4.30	7.14
	90			3.70	7.45
	120			3.40	7.24
100	60	50	20	5.30	7.23
	90			4.50	7.27
	120			5.60	7.28
100	60	50	25	3.40	7.42
	90			3.20	7.49
	120			5.10	7.34
130	60	50	15	5.10	7.49
	90			3.60	7.22
	120			3.20	7.27
130	60	50	20	5.40	7.35
	90			4.80	7.29
	120			4.70	7.29
130	60	50	25	5.60	7.38
	90			5.10	7.34
	120			4.40	7.34
160	60	50	15	3.80	7.26
	90			3.20	7.18
	120			2.30	7.24
160	60	50	20	4.70	7.32
	90			4.60	7.25
	120			3.20	7.31
160	60	50	25	4.50	7.34
	90			4.20	7.31
	120			3.80	7.31

Tabel B.7 Variasi Nilai rpm dan td Koagulasi-Flokulasi dengan Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Koagulasi		Flokulasi		Kekeruhan Akhir (NTU)	pH
rpm	td (detik)	rpm	td (menit)		
100	60	30	15	6.72	7.20
	90			4.67	7.25
	120			3.91	7.24
100	60	30	20	6.46	7.31
	90			6.42	7.34
	120			4.84	7.24
100	60	30	25	5.87	7.30
	90			5.63	7.34
	120			5.75	7.32
130	60	30	15	6.87	7.31
	90			4.21	7.26
	120			4.27	7.27
130	60	30	20	8.88	7.33
	90			4.10	7.31
	120			5.48	7.35
130	60	30	25	8.84	7.32
	90			4.09	7.30
	120			5.76	7.44
160	60	30	15	5.27	7.37
	90			3.06	7.27
	120			3.71	7.34
160	60	30	20	6.30	7.41
	90			4.08	7.34
	120			4.95	7.26
160	60	30	25	6.30	7.40
	90			4.41	7.38
	120			4.78	7.38

Tabel B.8 Variasi Nilai rpm dan td Koagulasi-Flokulasi dengan Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Koagulasi		Flokulasi		Kekeruhan Akhir (NTU)	pH
rpm	td (detik)	rpm	td (menit)		
100	60	40	15	8.61	7.30
	90			4.10	7.28
	120			3.98	7.30
100	60	40	20	6.11	7.34
	90			4.82	7.30
	120			5.15	7.41
100	60	40	25	5.01	7.34
	90			4.97	7.32
	120			5.27	7.40
130	60	40	15	4.61	7.31
	90			4.39	7.33
	120			4.51	7.35
130	60	40	20	4.82	7.40
	90			4.53	7.31
	120			5.53	7.35
130	60	40	25	5.90	7.43
	90			5.56	7.39
	120			5.84	7.38
160	60	40	15	4.07	7.26
	90			3.86	7.30
	120			5.07	7.14
160	60	40	20	5.56	7.28
	90			5.04	7.29
	120			5.58	7.22
160	60	40	25	6.25	7.32
	90			5.49	7.33
	120			7.39	7.33

Tabel B.9 Variasi Nilai rpm dan td Koagulasi-Flokulasi dengan Kekeruhan Awal 40,5 NTU

Koagulasi		Flokulasi		Kekeruhan Akhir (NTU)	pH
rpm	td (detik)	rpm	td (menit)		
100	60	50	15	4.71	7.57
	90			4.60	7.36
	120			5.72	7.40
100	60	50	20	6.82	7.26
	90			4.88	7.50
	120			6.20	7.34
100	60	50	25	7.31	7.36
	90			6.27	7.45
	120			7.27	7.39
130	60	50	15	3.27	7.11
	90			2.97	7.10
	120			3.42	7.16
130	60	50	20	5.86	7.34
	90			4.69	7.21
	120			4.39	7.20
130	60	50	25	4.53	7.23
	90			4.46	7.22
	120			4.07	7.24
160	60	50	15	4.05	7.37
	90			2.55	7.42
	120			4.07	7.35
160	60	50	20	6.01	7.41
	90			5.00	7.43
	120			3.15	7.42
160	60	50	25	5.26	7.50
	90			4.84	7.45
	120			4.79	7.44

Tabel B.10 Variasi Nilai rpm dan td Koagulasi-Flokulasi dengan Kekeruhan Awal 50,2 NTU

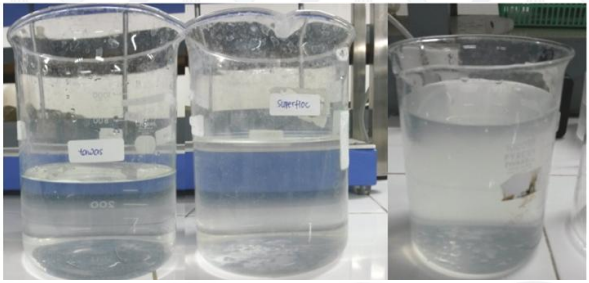
Koagulasi		Flokulasi		Kekeruhan Akhir (NTU)	pH
rpm	td (detik)	rpm	td (menit)		
100	60	30	15	6.52	6.94
	90			5.05	7.06
	120			7.53	6.99
100	60	30	20	5.14	6.98
	90			4.82	6.97
	120			4.68	6.99
100	60	30	25	5.90	6.98
	90			4.91	7.02
	120			7.12	7.08
130	60	30	15	4.37	6.98
	90			2.57	6.94
	120			4.70	6.98
130	60	30	20	4.30	6.94
	90			3.85	6.95
	120			5.03	7.03
130	60	30	25	3.86	6.96
	90			3.85	6.99
	120			5.24	7.04
160	60	30	15	5.56	7.02
	90			4.58	7.01
	120			3.94	6.93
160	60	30	20	5.56	7.01
	90			5.19	7.06
	120			3.65	7.01
160	60	30	25	5.74	7.01
	90			4.13	7.05
	120			3.22	6.92

Tabel B.11 Variasi Nilai rpm dan td Koagulasi-Flokulasi dengan Kekeruhan Awal 50,2 NTU

Koagulasi		Flokulasi		Kekeruhan Akhir (NTU)	pH
rpm	td (detik)	rpm	td (menit)		
100	60	40	15	6.83	7.02
	90			5.12	7.06
	120			3.37	7.02
100	60	40	20	6.16	7.04
	90			4.67	7.01
	120			3.67	7.01
100	60	40	25	7.36	7.03
	90			4.10	7.07
	120			3.01	6.96
130	60	40	15	5.07	6.99
	90			3.64	6.95
	120			4.76	6.95
130	60	40	20	5.96	7.04
	90			5.54	7.02
	120			5.33	7.00
130	60	40	25	3.52	7.05
	90			2.53	7.01
	120			2.48	7.03
160	60	40	15	5.05	6.95
	90			4.11	6.89
	120			4.93	6.93
160	60	40	20	5.40	7.00
	90			4.19	6.94
	120			3.46	6.95
160	60	40	25	5.42	6.96
	90			4.28	6.97
	120			3.85	6.96

Tabel B.12 Variasi Nilai rpm dan td Koagulasi-Flokulasi dengan Kekeruhan Awal 50,2 NTU

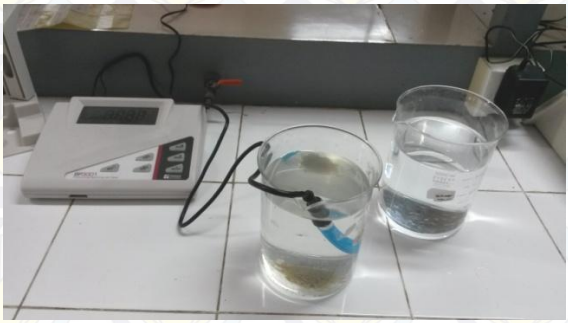
Koagulasi		Flokulasi		Kekeruhan Akhir (NTU)	pH
rpm	td (detik)	rpm	td (menit)		
100	60	50	15	6.43	6.89
	90			5.77	6.98
	120			3.91	6.95
100	60	50	20	6.44	6.97
	90			4.40	6.97
	120			5.78	6.97
100	60	50	25	2.56	6.98
	90			2.45	7.13
	120			2.58	7.03
130	60	50	15	4.73	6.94
	90			3.55	6.92
	120			3.38	6.88
130	60	50	20	5.25	7.00
	90			2.93	6.88
	120			4.44	6.90
130	60	50	25	3.82	7.06
	90			2.93	6.98
	120			4.14	6.94
160	60	50	15	5.51	6.96
	90			3.84	6.97
	120			5.70	6.91
160	60	50	20	4.12	7.04
	90			3.47	6.93
	120			3.86	7.12
160	60	50	25	3.91	7.11
	90			2.79	7.08
	120			4.22	7.10



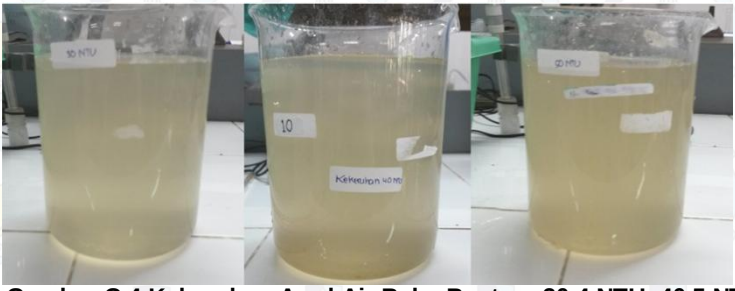
(a) (b) (c)

Gambar C.1 (a) Larutan Aluminium Sulfat; (b) Larutan *PolyDADMAC*; (c) Larutan *Polyacrylamide*

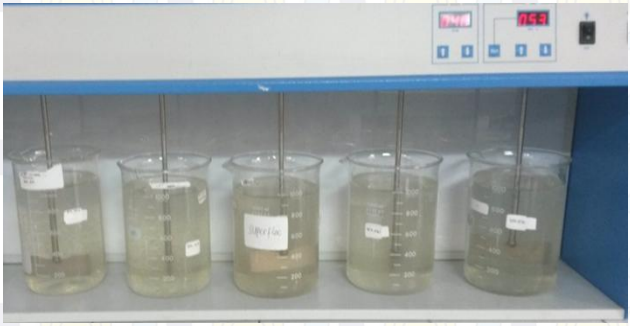
Gambar C.2 Turbidimeter



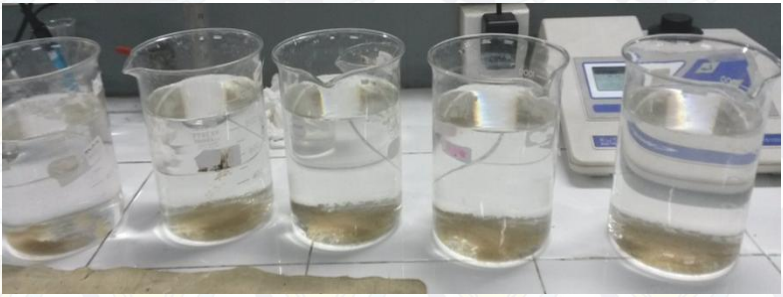
Gambar C.3 pH meter



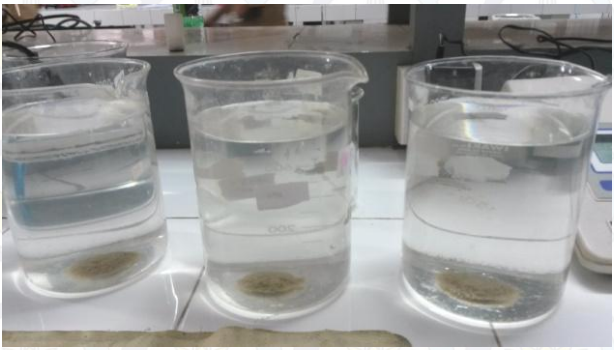
Gambar C.4 Kekeruhan Awal Air Baku Buatan: 30,4 NTU, 40,5 NTU, dan 50,2 NTU



Gambar C.5 Proses Pengadukan dengan Menggunakan *Jar Test*

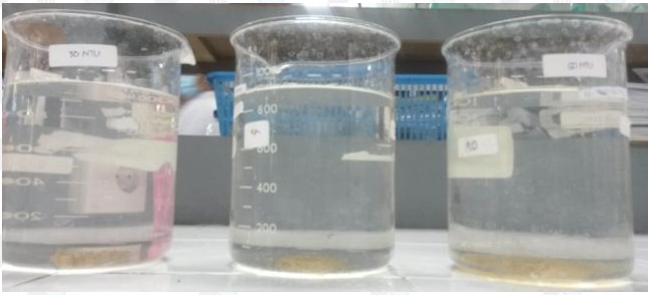


Gambar C.6 Proses Pengendapan Selama 15 menit



Gambar C.7 Variasi Nilai G dan td Koagulasi-Flokulasi dengan Alum dan *PolyDADMAC*

Gambar C.8 Hasil Akhir Kekeruhan dengan Menggunakan Alum dan *PolyDADMAC*



Gambar C.9 Hasil Akhir Kekeruhan dengan Menggunakan Alum dan *Polyacrylamide*

"Halaman Sengaja Dikosongkan"

BIODATA PENULIS

Penyusun dilahirkan di Surabaya, 26 Oktober 1993. Penyusun telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita Surabaya, SDN Ngagel Rejo I Surabaya, SMP Negeri 32 Surabaya, dan SMAK St. Hendrikus Surabaya. Penyusun diterima di Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP – ITS Surabaya melalui jalur SNMPTN pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP 3311100056. Penyusun aktif dalam kegiatan organisasi mahasiswa di jurusan, Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) sebagai staf Departemen Kesejahteraan Mahasiswa dan Bendahara *Environmental Engineering English Club* periode 2012 – 2013. Pada periode 2013 – 2014, Penyusun tergabung dalam HMTL sebagai ketua divisi internal *Environmental Engineering English Club.* Selain itu, Penyusun juga aktif mengikuti seminar nasional maupun internasional. Dalam pembuatan Tugas Akhir, Penyusun mengambil tema air minum dengan judul ''Peningkatan Efektifitas Proses Koagulasi-Flokulasi dengan Menggunakan Aluminium Sulfat dan *PolyDADMAC*'' di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc dan Ir. Atiek Moesriati, M.Kes. Penyusun dapat dihubungi melalui email bernaded.oka@gmail.com.

"Halaman Sengaja Dikosongkan"