
PENGARUH BENTUK *IMPELLER* PADA PROSES KOAGULASI-FLOKULASI DALAM MENGOLAH LIMBAH INDUSTRI BATIK ORGANIK

R. Mohammad Alghaf Dienullah dan Novirina Hendrasarie

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Email: novirina@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Industri batik saat ini mengalami pertumbuhan pesat, namun dibalik hal tersebut limbah cair yang dihasilkan semakin banyak terutama akibat pewarnaan. Salah satu pewarna yang dipakai yaitu pewarna organik yang berasal dari campuran pewarna alami dan zat pengikat. Pencampuran mengakibatkan zat pewarna bersifat stabil dan sulit mengendap secara alami. Koagulasi - flokulasi secara mekanis dapat menjadi solusi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu pengadukan terbaik, desain *impeller* yang efisien, dan kecepatan putaran *impeller* yang optimal pada koagulasi – flokulasi untuk menurunkan kandungan limbah cair batik organik. Penelitian dilakukan pada skala *batch* dengan memvariasikan waktu pengadukan, jenis *impeller*, dan kecepatan putaran *impeller* koagulasi – flokulasi. Dari hasil penelitian didapatkan waktu pengadukan terbaik yaitu 21 menit, jenis *impeller* yang efisien yaitu *flat paddle 2 blades angle 30* bertingkat dan kecepatan putaran *impeller* yang optimal yaitu 100 rpm – 50 rpm. Pada variasi terbaik, efisiensi TSS, COD, warna dan kekeruhan masing-masing sebesar 95,62%, 80,44%, 82,42%, dan 84,38%.

Kata kunci: *Koagulasi, Flokulasi, Impeller*

ABSTRACT

Batik industry is currently massive growth, however, more and more liquid waste is produced, due to coloring. One of dyes used is organic dye which comes from mix of natural dyes and binders. Mixing causes dye be stable and difficult to settle naturally. Coagulation - mechanical flocculation may be the solution. This study aims to determine the best stirring time, efficient impeller design, and optimal impeller rotation speed in coagulation - flocculation to reduce organic batik liquid waste. Research was conducted on a batch scale by varying stirring time, type of impeller, and rotational speed of the coagulation-flocculation impeller. From results of research, best stirring time is 21 minutes, efficient type of impeller was flat paddle 2 blades angle 30 tiered and optimal impeller rotation speed was 100 rpm - 50 rpm. In best variation, the efficiency of TSS, COD, color and turbidity were 95.62%, 80.44%, 82.42%, and 84.38%, respectively.

Keywords: *Coagulation, Flocculation, Impeller*

PENDAHULUAN

Salah satu industri yang mengalami pertumbuhan dari skala kecil hingga skala besar adalah industri batik (Zahroh, 2019). Tingginya antusiasme masyarakat Indonesia seiring berjalannya waktu terhadap batik juga tidak melepas industri batik dari permasalahan, salah satunya yaitu adanya limbah cair (Siregar *et al.*, 2020). Industri batik mengeluarkan limbah yang berasal dari proses produksinya (Indrayani, 2019). Salah satu proses yang terjadi pada produksi industri batik yaitu proses pewarnaan (Radiyaningrum & Caroline, 2017).

Pada proses pewarnaan, zat yang dipakai selain zat pewarna sintetis yaitu zat pewarna organik yang berasal dari ekstrak bagian tumbuhan seperti pada bagian daun, kayu, akar ataupun bunga (Handayani & Mualimin, 2014). Zat pewarna organik memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan zat pewarna sintetis, yaitu memiliki sifat tidak toksik dan dapat diperbaharui. Namun zat pewarna tersebut memiliki kekurangan diantaranya seperti konsentrasi pigmen yang rendah serta zat yang tidak stabil (Pujilestari, 2016). Sehingga pada pengaplikasiannya, zat pewarna organik dicampurkan dengan zat pengikat contohnya seperti kapur tohor agar didapatkan pigmen dan zat yang stabil (Handayani & Mualimin, 2014). Zat yang stabil terjadi karena adanya resultan gaya elektrostatik dan gaya *van der waals* yang saling meniadakan. Adanya faktor tersebut menyebabkan suspensi serta koloid dalam zat tersebut sulit mengendap secara alami (Masduqi, 2016). Akibatnya, limbah cair proses pewarnaan yang dihasilkan bersifat keruh dan berpotensi mencemari lingkungan (Indrayani, 2019).

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengolah kekeruhan akibat suspensi stabil dalam limbah pewarnaan tersebut yaitu dengan menggunakan koagulasi (pengadukan cepat disertai pembubuhan koagulan) untuk membentuk mikroflor dan flokulasi (pengadukan lambat) untuk memperbesar mikroflor. (Reynolds, 1982). Salah satu metode pengadukan pada koagulasi dan flokulasi yaitu pengadukan secara mekanis

dimana metode tersebut memakai peralatan mekanis seperti *impeller*, poros pengaduk, dan motor (Masduqi, 2016). Menurut Widyarso (2019), pemakaian koagulasi dan flokulasi secara mekanis pada limbah cair batik dengan memakai *impeller* berjenis *flat paddle 4 blades* dapat meremoval padatan tersuspensi sebesar 95,01%. Namun pada penelitian tersebut tidak diteliti mengenai pemakaian bentuk *impeller* lain untuk proses koagulasi dan flokulasi. Spicer *et al* (1996) menyatakan bahwa ukuran flok akan meningkat pada gradien kecepatan kecil pada *impeller*, dimana pada waktu yang konstan *impeller* berjenis *paddle* dengan 4 *blades* menghasilkan ukuran flok lebih besar dibandingkan *impeller* berjenis *vaned disc*. Namun pada penelitian tersebut tidak dijelaskan pengaruh *paddle* pada proses pengadukan. Jika ditinjau berdasarkan jenisnya, sudut kemiringan *impeller* juga mempengaruhi homogenitas, distribusi, dan kemungkinan pembentukan serta kerusakan pada flok (Shihab & Hamad, 2018). Sehingga, pada penelitian ini akan diteliti pengaruh bentuk *impeller* pada proses koagulasi dan flokulasi dengan memvariasikan jenis *impeller* dan beberapa aspek yang mempengaruhi proses koagulasi dan flokulasi, diantaranya waktu kontak dan kecepatan putaran *impeller*.

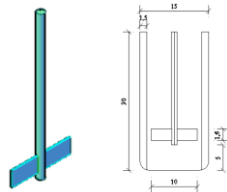
METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan setelah dilakukan analisa karakteristik awal limbah cair batik organik.

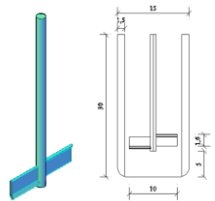
Tabel -1: Parameter Limbah Cair Batik Organik

Parameter	Satuan	Hasil Uji
BOD	mg/L	86
COD	mg/L	936
TSS	mg/L	2504
pH	-	9,2
Viskositas	N.s/m ²	1.33 x 10 ⁻³
Warna	TCU	358
Kekeruhan	NTU	144
Suhu	°C	27,2

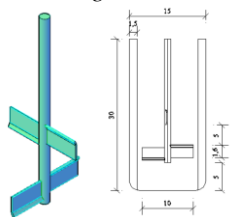
Langkah pertama pada penelitian yaitu merangkai reaktor. Reaktor terdiri atas komponen bak koagulasi–flokulasi yang dilengkapi dengan *impeller* dan motor pengaduk.



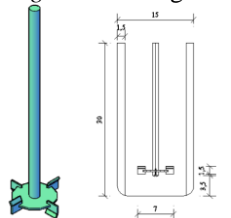
Gambar -1: Desain *Impeller Flat Paddle 2 Blades*



Gambar -2: Desain *Impeller Flat Paddle 2 Blades Angle 30*

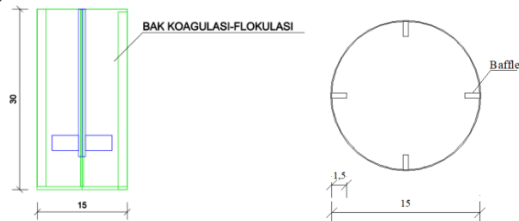


Gambar -3: Desain *Impeller Flat Paddle 2 Blades Angle 30 Bertingkat*



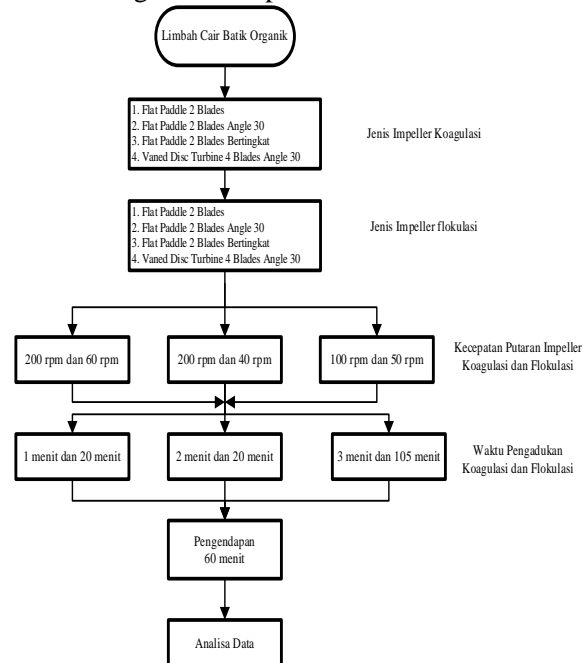
Gambar -4: Desain *Vaned Disc Turbine 4 Blades*

Bak koagulasi-flokulasi didesain dengan volume bak sebesar 3,5 liter dengan bentuk *circular* dengan *baffle* sepanjang 1,5 cm atau 0,1 kali diameter bak.



Gambar -5: (a) Desain Reaktor, (b) Reaktor yang Telah Dirangkai

Penelitian dilakukan dengan sistem *batch* dengan urutan koagulasi-flokulasi-pengendapan. Pada tahap awal air limbah dimasukkan kedalam bak koagulasi-flokulasi dan setelahnya ditambahkan koagulan kitosan dengan dosis 1,5 gr/L. Pada tahap koagulasi dan flokulasi divariasikan jenis *impeller* koagulasi, jenis *impeller* flokulasi, kecepatan putaran *impeller* koagulasi-flokulasi, dan waktu pengadukan koagulasi-flokulasi. Proses koagulasi dan flokulasi nantinya akan dijalankan dengan memilih salah satu varian sesuai dengan skema penelitian.



Gambar -6: Skema Penelitian

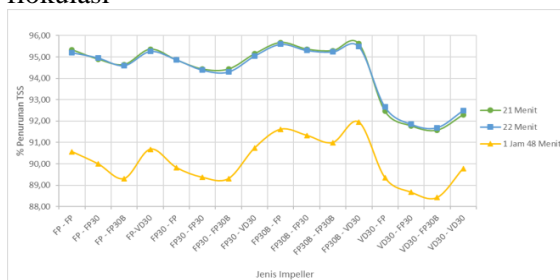
Setelah proses koagulasi-flokulasi, air hasil pengolahan kemudian diendapkan. Air diendapkan pada bak yang sama, saat pengendapan *impeller* dilepas dan air kemudian akan diendapkan selama 1 jam. Setelah 1 jam air yang telah diendapkan kemudian disampling. Setelah itu air akan diuji parameter akhir TSS, COD, warna, dan kekeruhan. Setelah itu data yang didapatkan dikumpulkan dan di analisa pengaruh waktu pengadukan, desain *impeller*, dan kecepatan putaran *impeller* terhadap proses koagulasi-flokulasi. Selain itu juga bilangan *Reynolds*, bilangan *Fraude*, kecepatan pengendapan flock, konstanta pengaduk untuk aliran turbulen dan laminar akan ditinjau berdasarkan data teori (data yang berasal dari data perencanaan awal dan data hasil analisis parameter awal limbah) dan data eksperimen (data yang didapatkan setelah melakukan penelitian).

HASIL DAN PEMBAHASAN

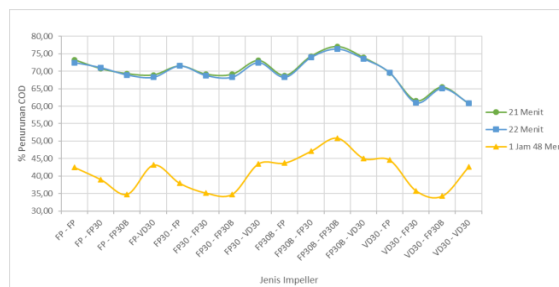
Pengaruh Waktu Pengadukan dan Desain Impeller yang Efisien Untuk Proses Koagulasi dan Flokulasi

Pengaruh waktu pengadukan pada proses koagulasi dan flokulasi dapat dilihat berdasarkan hasil persentase removal pada setiap parameter yang disisihkan (Fajar, 2020). Waktu pengadukan memiliki peran penting selama proses koagulasi dan flokulasi utamanya dalam pertumbuhan dan pembentukan flok selama kedua proses tersebut berlangsung (Rao, 2015). Pada penelitian, digunakan variasi waktu pengadukan sebesar 21 menit dengan rincian 1 menit waktu koagulasi dan 20 menit waktu flokulasi, 22 menit dengan rincian 2 menit waktu koagulasi dan 20 menit waktu flokulasi, dan 1 jam 48 menit dengan rincian 3 menit waktu koagulasi dan 105 menit waktu flokulasi.

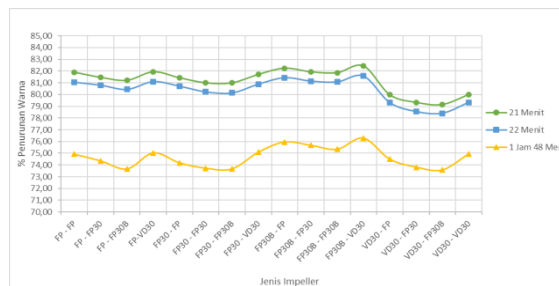
Selain waktu pengadukan, desain *impeller* juga merupakan salah satu faktor fisik yang mempengaruhi proses pengadukan cepat (koagulasi) dan pengadukan lambat (flokulasi) pada tangki berpengaduk (Arum, 2002). Faktor fisik tersebut dapat mempengaruhi arah aliran yang disebabkan oleh *impeller* (Laili & Arbantini, 2017). Selain itu, adanya *baffle* yang menempel pada tangki berpengaduk juga dapat meningkatkan kinerja dari *impeller* dengan mengurangi *vortex* (Taslim et al., 2019). Pada penelitian, digunakan 4 jenis *impeller* berbeda, yaitu *flat paddle 2 blades* (FP), *flat paddle 2 blades angle 30* (FP30), *flat paddle 2 blades angle 30 bertingkat* (FP30B) dan *vaned disc turbine angle 30* (VD30) yang kemudian 4 jenis *impeller* tersebut divariasikan menjadi 16 pasangan *impeller* koagulasi-flokulasi yang berbeda. Berikut persentase removal penyisihan parameter TSS, COD, warna, dan kekeruhan pada setiap variasi jenis *impeller* koagulasi – flokulasi



Grafik -1: Hubungan Jenis *Impeller* Koagulasi – Flokulasi Terhadap % Penurunan TSS Pada Setiap Waktu Pengadukan Koagulasi – Flokulasi



Grafik -2: Hubungan Jenis *Impeller* Koagulasi – Flokulasi Terhadap % Penurunan COD Pada Setiap Waktu Pengadukan Koagulasi – Flokulasi



Grafik -3: Hubungan Jenis *Impeller* Koagulasi – Flokulasi Terhadap % Penurunan Warna Pada Setiap Waktu Pengadukan Koagulasi – Flokulasi

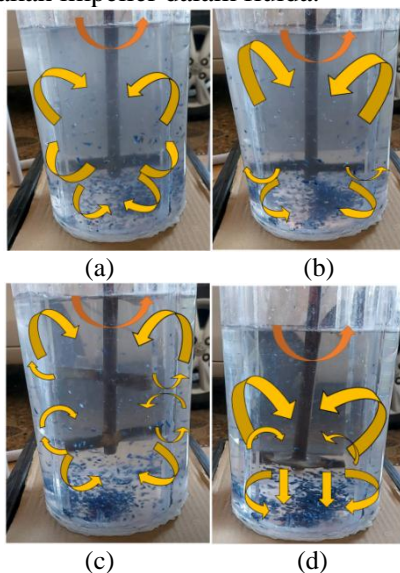


Grafik -4: Hubungan Jenis *Impeller* Koagulasi – Flokulasi Terhadap % Penurunan Kekeruhan Pada Setiap Waktu Pengadukan Koagulasi – Flokulasi

Berdasarkan Grafik 1, persentase penyisihan parameter TSS tertinggi yaitu 95,68% dengan memakai jenis *impeller flat paddle 2 blades angle 30 bertingkat* untuk koagulasi dan *flat paddle 2 blades* untuk flokulasi. Berdasarkan Grafik 2, persentase penyisihan COD tertinggi yaitu 80,44% dengan memakai jenis *impeller flat paddle 2 blades angle 30 bertingkat* untuk koagulasi dan flokulasi. Grafik 3, persentase penyisihan warna tertinggi yaitu 82,42% dengan memakai jenis *impeller flat paddle 2 blades angle 30 bertingkat* untuk koagulasi dan *vaned disc turbine 4 blades angle 30* flokulasi. Grafik 4, persentase penyisihan Kekeruhan tertinggi yaitu 80,44% dengan memakai jenis *impeller flat paddle 2 blades angle 30 bertingkat* untuk koagulasi dan flokulasi.

Berdasarkan persentase penyisihan pada tiap parameter, impeller dengan varian *flat paddle 2 blades angle 30* bertingkat merupakan desain impeller yang efisien untuk koagulasi dan flokulasi. Hal tersebut ditunjukkan dengan persentase penyisihan parameter paling tinggi dibandingkan dengan jenis impeller lain. Selain berdasarkan persentase penyisihan, faktor-faktor pengadukan secara mekanis pada penelitian utama juga perlu ditinjau seperti arah aliran yang dihasilkan impeller, homogenitas pengadukan, bilangan Reynold (NRe), bilangan Fraude (NFr), konstanta pengaduk pada aliran turbulen (Kt) dan konstanta pengaduk pada aliran laminar (Kl) (Masduqi, 2016).

Pengaduk atau impeller merupakan bagian utama dalam operasi pencampuran mekanis pada tangki pengaduk. Impeller bergerak dengan memotong fluida dan membuat arus yang bergerak pada keseluruhan sistem fluida (Yadaturrahmah, 2020). Dikarenakan pentingnya impeller pada operasi pencampuran dalam tangki berpengaduk, operasi impeller perlu diperhatikan salah satunya yaitu arah aliran yang dihasilkan oleh pergerakan impeller dalam fluida.

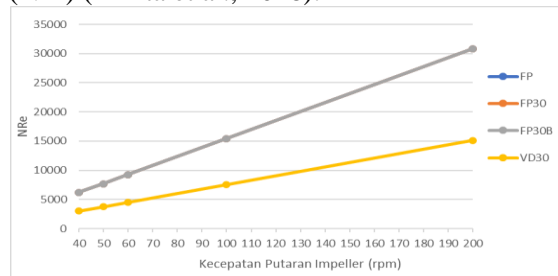


Gambar -7: Arah Aliran yang Dihasilkan Pada Setiap Jenis Impeller

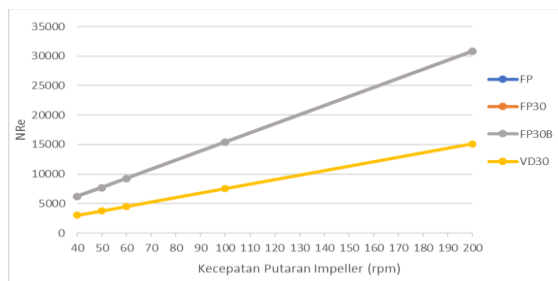
Pada Gambar 7, (a) adalah arah aliran yang dihasilkan jenis *impeller flat paddle 2 blades*, Gambar 7 (b) adalah arah aliran yang dihasilkan jenis *impeller flat paddle 2 blades angle 30*, Gambar 7 (c) adalah arah aliran yang dihasilkan jenis *impeller flat paddle 2 blades angle 30 bertingkat*, dan Gambar 7 (d) adalah arah aliran yang dihasilkan jenis *impeller vaned disc turbine*.

disc turbine 4 blades angle 30. Berdasarkan Gambar 7, gambar (a), (b), dan (c) dimana ketiganya merupakan jenis *impeller flat paddle* menghasilkan arah aliran aksial, sedangkan pada gambar (d) yang merupakan jenis *impeller vaned disc* menghasilkan arah aliran radial.

Selain berdasarkan arah aliran, aliran air juga dapat dikarakterisasi berdasarkan bilangan-bilangan non dimensional seperti bilangan Reynolds (NRe) dan bilangan Fraude (NFr) (Trilita et al., 2018).



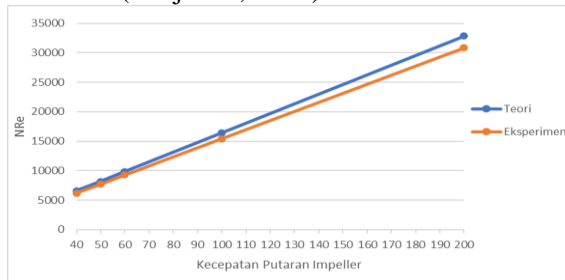
Grafik -5: Bilangan Reynolds Pada Setiap Jenis Impeller Berdasarkan Teori



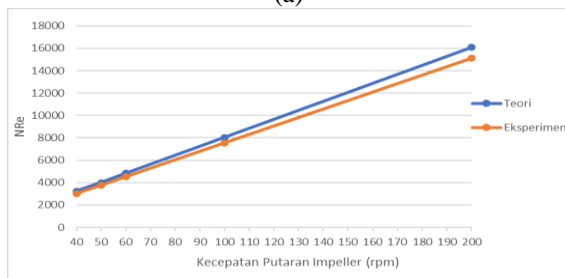
Grafik -6: Bilangan Reynolds Pada Setiap Jenis Impeller Berdasarkan Eksperimen

Pada Grafik 5 dan Grafik 6, nilai bilangan Reynolds yang dihasilkan oleh ketiga jenis *impeller* (FP, FP30, dan FP30B) lebih besar dibandingkan jenis *impeller vaned disc*. Bilangan Reynolds tertinggi berdasarkan data teori yaitu 32821, sedangkan pada data eksperimen bilangan Reynolds tertinggi yaitu 30389. Berdasarkan kedua data tersebut, bilangan Reynolds tertinggi menghasilkan aliran turbulen dikarenakan bilangan Reynolds yang melebihi 10000 ($NRe > 10000$) (Masduqi, 2016). Bilangan Reynolds terendah berdasarkan data teori yaitu 3232, sedangkan pada data eksperimen bilangan Reynolds terendah yaitu 3037 dengan memakai jenis *impeller vaned disc turbine*. Berdasarkan kedua data tersebut, bilangan Reynolds terendah menghasilkan aliran laminar dikarenakan bilangan Reynolds yang kurang dari 10000 ($NRe < 10000$) (Masduqi, 2016).

Selain berdasarkan tingkat turbulensi, pada pengadukan juga perlu ditinjau bilangan *Fraude*. Bilangan *Fraude* (N_{Fr}) merupakan bilangan tidak berdimensi yang menggambarkan pengaruh gravitasi terhadap aliran air (Nurjanah, 2014).



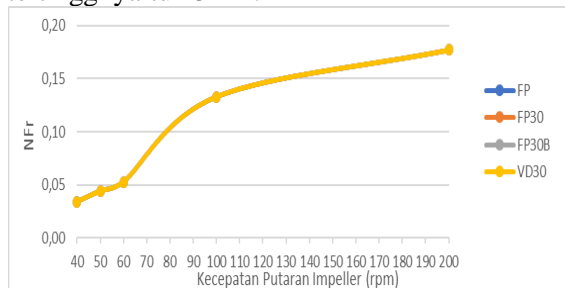
(a)



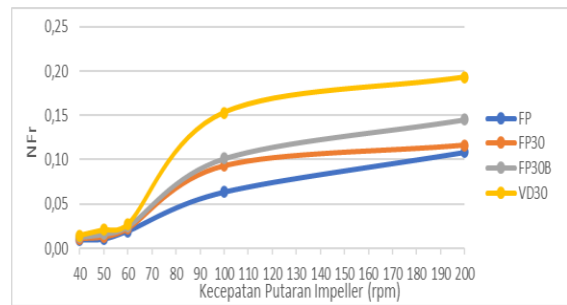
(b)

Grafik -7: Perbandingan Bilangan *Reynolds* Berdasarkan Teori dan Eksperimen dengan Jenis *Impeller*: (a) *Flat Paddle*, dan (b) *Vaned Disc Turbine*

Pada Grafik 7 (a), dan (b),. bilangan *Reynolds* yang dihasilkan dengan memakai data eksperimen lebih kecil dibandingkan dengan data teori. Pada Gambar (a) dan (b), bilangan *Reynolds* pada data teori lebih tinggi dibandingkan data eksperimen. Pada Gambar (a), nilai bilangan *Reynolds* tertinggi yaitu 30389 dengan memakai data teori, sedangkan dengan data eksperimen nilai bilangan *Reynolds* tertinggi yaitu 30839. Pada Gambar (b), nilai bilangan *Reynolds* tertinggi yaitu pada data teori dengan nilai bilangan *Reynolds* 16082, sedangkan pada data eksperimen nilai tertinggi yaitu 15111.



(a)



(b)

Grafik -8: Bilangan *Fraude* Pada Setiap jenis *Impeller* Berdasarkan data: (a) Teori, dan (b) Eksperimen

Grafik 8 (a) menunjukkan nilai bilangan *Fraude* berdasarkan data teori, sedangkan Grafik 8 (b) menunjukkan nilai bilangan *Fraude* berdasarkan data eksperimen. Pada Grafik 8 (a), nilai bilangan *Fraude* tertinggi yaitu 0,177 pada setiap jenis *impeller*, sedangkan pada Grafik 8 (b), nilai bilangan *Fraude* tertinggi yaitu 0,19 dengan memakai jenis *impeller vaned disc turbine 4 blades angle 30*. Berdasarkan kedua grafik, nilai bilangan *Fraude* pada data eksperimen dengan memakai jenis *impeller vaned disc turbine 4 blades angle 30* lebih tinggi dibandingkan semua jenis *impeller* pada data teori. Berdasarkan Grafik 8 (a) dan (b) dapat diidentifikasi bahwa semua jenis *impeller* menghasilkan aliran subkritik, selain itu, seiring bertambahnya kecepatan putaran *impeller* maka nilai bilangan *Fraude* akan meningkat (Nurjanah, 2014).

Tenaga pengadukan dipengaruhi oleh konstanta, ukuran, bentuk, dan kecepatan putaran *impeller* yang dinyatakan dalam persamaan (Masduqi, 2016). Konstanta pada pengadukan mekanis dibagi menjadi konstanta pengaduk untuk aliran turbulen (K_t) dan konstanta pengaduk untuk aliran laminar (K_l) dimana kedua konstanta tersebut hanya digunakan pada bak yang memiliki 4 sekat pada dinding dengan lebar 10% dari diameter bak (Reynolds, 1982). Pada penelitian, digunakan bak dengan 4 sekat yang melekat pada dinding dengan lebar 1/10 dari diameter bak, sehingga nilai konstanta dapat diketahui.

Tabel -2: Konstanta Untuk Pengaduk dengan Aliran Turbulen (Kt) Berdasarkan Data Teori

Konstanta Pengaduk Turbulen (Kt) Teori		
V Putaran Impeller	100	200
Jenis Impeller		
Flat Paddle 2 Blades	1,96	1,96
Flat Paddle 2 Blades Angle 30	1,96	1,96
Flat Paddle 2 Blades Angle 30 Bertingkat	3,92	3,92
Vaned Disc Turbine Angle 30	23,99	23,99

Tabel -5: Konstanta Untuk Pengaduk dengan Aliran Laminar (KI) Berdasarkan Data Eksperimen

Konstanta Pengaduk Laminar (KI) Eksperimen			
V Putaran Impeller	40	50	60
Jenis Impeller			
Flat Paddle 2 Blades	12,92	16,01	19,29
Flat Paddle 2 Blades Angle 30	12,92	16,01	19,29
Flat Paddle 2 Blades Angle 30 Bertingkat	25,85	32,02	38,58
Vaned Disc Turbine Angle 30	115,74	96,06	77,55

Tabel -3: Konstanta Untuk Pengaduk dengan Aliran Turbulen (Kt) Berdasarkan Data Eksperimen

Konstanta Pengaduk Turbulen (Kt) Eksperimen		
V Putaran Impeller	100	200
Jenis Impeller		
Flat Paddle 2 Blades	1,96	1,96
Flat Paddle 2 Blades Angle 30	1,96	1,96
Flat Paddle 2 Blades Angle 30 Bertingkat	3,92	3,92
Vaned Disc Turbine Angle 30	23,99	23,99

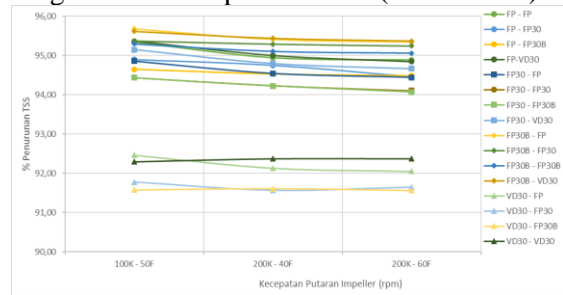
Tabel -4: Konstanta Untuk Pengaduk dengan Aliran Laminar (KI) Berdasarkan Data Teori

Konstanta Pengaduk Laminar (KI) Teori			
V Putaran Impeller	40	50	60
Jenis Impeller			
Flat Paddle 2 Blades	12,92	16,01	19,29
Flat Paddle 2 Blades Angle 30	12,92	16,01	19,29
Flat Paddle 2 Blades Angle 30 Bertingkat	25,85	32,02	38,58
Vaned Disc Turbine Angle 30	115,74	96,06	77,55

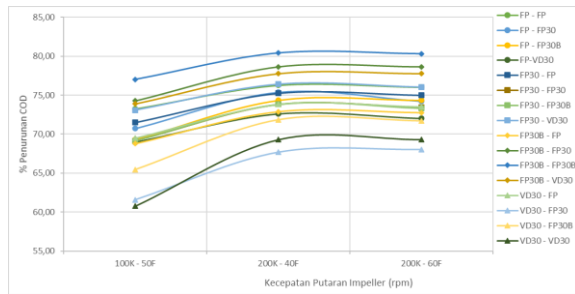
Tabel 2 menjabarkan hasil konstanta pengaduk untuk aliran turbulen berdasarkan data teori, sedangkan pada tabel 3 menjabarkan hasil konstanta pengaduk untuk aliran turbulen berdasarkan data teori, berdasarkan perhitungan, kedua data tidak memiliki perbedaan. Pada data eksperimen, massa jenis pada awalnya 1280 kg/m^3 naik menjadi 1360 kg/m^3 dan viskositas meningkat dari $1,33 \cdot 10^{-3}$ menjadi $1,47 \cdot 10^{-3}$, karena perbedaan viskositas dan massa jenis pada data eksperimen yang tidak signifikan, maka tidak ada perubahan nilai konstanta pengaduk untuk aliran turbulen pada data eksperimen. Begitu pula pada data eksperimen konstanta pengaduk pada aliran laminar (KI) pada tabel 4 untuk data teori dan table 5 untuk data eksperimen, kenaikan massa jenis dan viskositas tidak mempengaruhi nilai konstanta pengaduk untuk aliran laminar. Pada konstanta pengadukan untuk aliran turbulen (Kt) dan aliran laminar (KI), nilai konstanta pengaduk untuk aliran turbulen tertinggi yaitu pada jenis *impeller vaned disc turbine angle 30* dengan nilai 23,99 dan nilai konstanta terendah yaitu pada jenis *impeller flat paddle 2 blades* dan *flat paddle 2 blades angle 30* dengan nilai 1,96. Sedangkan untuk nilai konstanta pengaduk untuk aliran laminar tertinggi yaitu pada jenis *impeller vaned disc turbine angle 30* dengan nilai 115,74 dan nilai konstanta terendah yaitu pada jenis *impeller flat paddle 2 blades* dan *flat paddle 2 blades angle 30* dengan nilai 12,92

Kecepatan Putaran *Impeller* Yang Optimal Untuk Proses Koagulasi dan Flokulasi

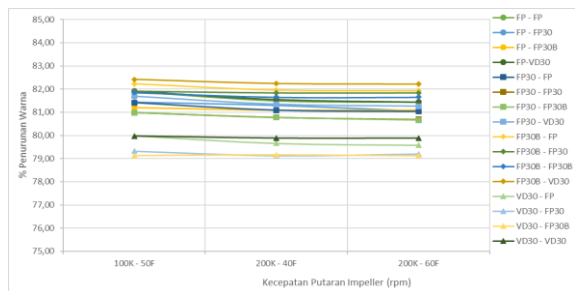
Salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi pencampuran pada proses koagulasi dan flokulasi pada tangki berpengaduk yaitu kecepatan putaran *impeller* (Fathoneah, 2019). Pada pencampuran, pengadukan adalah hal yang wajib diperhatikan pada proses koagulasi dan flokulasi. Proses koagulasi yang berupa pengadukan cepat berperan dalam pencampuran koagulan dan membentuk mikroflokk, sedangkan proses flokulasi yang berupa pengadukan lambat memiliki peran untuk mengikat mikroflokk agar menjadi lebih besar (Masduqi, 2016). Pada penelitian utama, digunakan variasi kecepatan putaran *impeller* koagulasi - flokulasi 100 rpm koagulasi dan 50 rpm flokulasi (100K – 50F), 200 rpm koagulasi – 40 rpm flokulasi (200K – 40F), dan 200 rpm koagulasi dan 60 rpm flokulasi (200K – 60F)



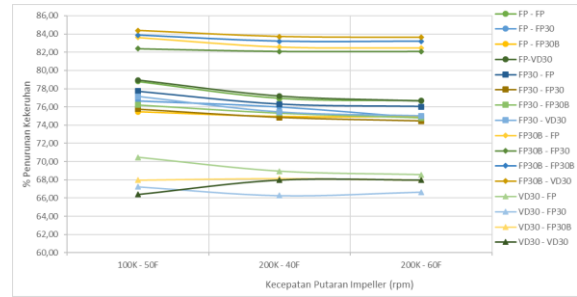
Grafik -9: Hubungan Kecepatan Putaran *Impeller* Koagulasi - Flokulasi Terhadap % Penurunan TSS



Grafik -10: Hubungan Kecepatan Putaran *Impeller* Koagulasi - Flokulasi Terhadap % Penurunan COD



Grafik -11: Hubungan Kecepatan Putaran *Impeller* Koagulasi - Flokulasi Terhadap % Penurunan Warna



Grafik -12: Hubungan Kecepatan Putaran *Impeller* Koagulasi - Flokulasi Terhadap % Penurunan Kekeruhan

Berdasarkan Grafik 9, persentase penyisihan parameter TSS tertinggi yaitu 95,68% dengan memakai kecepatan koagulasi 100 rpm untuk koagulasi dan 50 rpm untuk flokulasi. Berdasarkan Grafik 10, persentase penyisihan COD tertinggi yaitu 80,44% dengan kecepatan koagulasi 200 rpm untuk koagulasi dan 40 rpm untuk flokulasi. Berdasarkan Grafik 11, persentase penyisihan warna tertinggi yaitu 82,42% dengan kecepatan koagulasi 100 rpm untuk koagulasi dan 50 rpm untuk flokulasi. Berdasarkan Grafik 12, persentase penyisihan Kekeruhan tertinggi yaitu 84,49% dengan memakai jenis *impeller flat paddle 2 blades* kecepatan koagulasi 200 rpm untuk koagulasi dan 60 rpm untuk flokulasi.

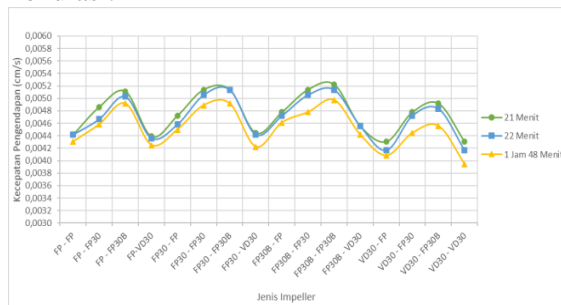
Berdasarkan Grafik 9 hingga Grafik 12, persentase tertinggi penyisihan parameter TSS, COD, warna, dan kekeruhan yaitu dengan kecepatan putaran *impeller* 100 rpm untuk koagulasi dan 50 rpm untuk flokulasi, hal ini karena kecepatan putaran *impeller* pada proses koagulasi yang terlalu cepat dapat memperlambat pembentukan flokk dan juga dapat memecah flokk yang telah terbentuk (Fathonah, 2019). Kecepatan putaran *impeller* memiliki besar dalam pola aliran dengan meningkatkan sirkulasi putaran dan turbulensi dalam fluida, namun meningkatnya kecepatan putaran *impeller* harus diimbangi pengurangan waktu pengadukan secara eksponensial (Taslim et al., 2019). Hal ini karena apabila kecepatan telah mencapai kondisi optimum, penambahan kecepatan hanya akan menghambat terbentuknya flokk sehingga pengendapan menjadi tidak sempurna (Angraini et al., 2016).

Tujuan utama dari koagulasi yaitu membentuk mikroflokk (Reynolds, 1982), sedangkan tujuan flokulasi memperbesar flokk agar mudah mengendap (Husnah, 2019). Kedua

tujuan tersebut menyatakan bahwa flok merupakan salah satu aspek yang perlu diperhatikan pada proses koagulasi dan flokulasi. Pada koagulasi dan flokulasi, karakteristik flok dapat mempengaruhi efisiensi penyisihan parameter. Pada lumpur yang dihasilkan dari kumpulan flok yang mengendap, pada penelitian utama didapat sifat flok sebagai berikut:

1. Flok yang terbentuk setelah proses koagulasi – flokulasi bersifat mudah mengendap
2. Setelah waktu pengendapan selama 1 jam, dalam bak tidak ada lumpur yang melayang, lumpur hanya terdapat pada dasar bak
3. Lumpur berwarna biru hitam pekat

Selain berdasarkan sifatnya, pada penelitian juga diamati kecepatan pengendapan pada setiap variasi jenis *impeller* koagulasi – flokulasi.



Grafik -13: Hubungan Jenis *Impeller* Koagulasi - Flokulasi Terhadap Kecepatan Pengendapan Flok

Grafik 9 menunjukkan hubungan jenis *impeller* koagulasi-flokulasi terhadap kecepatan pengendapan flok. Kecepatan pengendapan tercepat yaitu 0,0054 cm/s yaitu dengan memakai jenis *impeller* koagulasi dan flokulasi *flat paddle 2 blades angle 30* bertingkat. Pada Grafik 9 ditunjukkan bahwa jenis *impeller flat paddle 2 blades angle 30* bertingkat memiliki kecepatan pengendapan tercepat dibandingkan dengan jenis *impeller* lain. Sedangkan kecepatan pengendapan paling lambat ditunjukkan pada jenis *impeller* koagulasi-flokulasi *vaned disc turbine*.

KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisa statistik, waktu pengadukan memiliki pengaruh terhadap penyisihan parameter TSS, COD, warna, dan kekeruhan secara signifikan, dimana

waktu pengadukan 21 menit dengan rincian 1 menit waktu koagulasi dan 20 menit flokulasi merupakan varian terbaik untuk proses koagulasi-flokulasi

2. Jenis *impeller* koagulasi – flokulasi memiliki pengaruh signifikan terhadap penyisihan parameter TSS, COD, warna dan kekeruhan dimana desain *impeller* yang efisien untuk proses koagulasi dan flokulasi limbah cair batik organik yaitu desain *flat paddle 2 blades angle 30* untuk proses koagulasi dan flokulasi
3. Pada analisa statistik, kecepatan putaran *impeller* koagulasi – flokulasi secara signifikan mempunyai pengaruh terhadap penyisihan parameter TSS, COD, warna, dan kekeruhan, dimana kecepatan putaran *impeller* koagulasi 100 rpm dan kecepatan putaran *impeller* flokulasi 50 rpm merupakan kecepatan putaran *impeller* yang optimal

DAFTAR PUSTAKA

- Angraini, S., Pinem, J. A., & Saputra, E. (2016). *Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Tekanan Pemompaan pada Kombinasi Proses Koagulasi dan Membran Ultrafiltrasi dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Karet*. *Jom FTEKNIK*, 3(1), 1–9.
- Arum, T. M. (2002). *Penentuan Kondisi Optimum Pengadukan Dalam Proses Koagulasi Determination Of Optimum Mixing Condition*. 121–126.
- Budianto, H. (2020). *Kajian Pengaruh Tinggi Bukaannya Pintu Air Tegak Terhadap Kondisi Aliran di Bagian Hilir Saluran Penampang Segi Empat (Uji Laboratorium)*.
- Fajar, M. (2020). *Analyzing the Rapid Mixing Time Effect on Coagulation – Flocculation Process using Moringa Oleifera*. 04(03).
- Fathonah, Q. (2019). *Studi Pengaruh Kecepatan Putar Impeller Terhadap Homogenitas Produk Medripal 430*.
- Handayani, P. A., Cholifah, U., Ulviana, R., & Chafidz, A. (2019). *“Batik” Industry Wastewater Treatment via Coagulation-Flocculation Process and Adsorption Using Teak Sawdust Based Activated Carbon*.

- Handayani, P. A., & Mualimin, A. A. (2014). *Pewarna Alami Batik Dari Tanaman Nila (Indigofera) Dengan Katalis Asam*. Jurnal Bahan Alam Terbarukan, 2(1), 74637.
- Husnah. (2019). *Pengaruh Waktu Pengadukan Pelan Pada Koagulasi Air Rawa*. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699.
- Laili, S., & Arbantini, S. (2017). *Mempelajari Proses Pencampuran Fluida Di Dalam Tangki Berpengaduk Serta Mengidentifikasi Faktor-Faktor Yang*.
- Masduqi, A. (2016). *Operasi & Proses Pengolahan Air* (Edisi Kedua). itspress.
- Nurjanah, R. A. D. (2014). *Analisis Tinggi dan Panjang Loncat Air Pada Bangunan Ukur Berbentuk Setengah Lingkaran*. Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan, 2(3), 578–582.
- Pujilestari, T. (2016). *Review: Sumber dan Pemanfaatan Zat Warna Alam untuk Keperluan Industri*. Dinamika Kerajinan Dan Batik: Majalah Ilmiah, 32(2), 93.
- Radiyaningrum, A. D., & Caroline, J. (2017). *Industri Batik Dengan Koagulan PAC Pada Proses Koagulasi Flokulasi*. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan, 1–6.
- Rao, D. (2015). *Coagulation and Flocculation of Industrial Wastewater by Chitosan*. International Journal of Engineering and Applied Sciences, 2(7), 257870.
- Reynolds, T. D. (1982). *Unit Operations And Processes In Environmental Engineering* (1st ed.). Wadsworth, Inch.
- Shihab, A. S., & Hamad, A. (2018). *Effect of Inclination Angle, Dimensions of Impeller Blades, and Velocity Gradient On The Efficiency Of Water Flocculation*. IJCIET, 9(5), 969–977.
- Simanjuntak, H., Manik, P., & Santosa, A. (2016). *Analisa Pengaruh Panjang Dan Bentuk Geometri Lunas Bilga Terhadap Arah Dan Kecepatan Aliran (Wake) Pada Kapal Ikan Tradisional (Studi Kasus Kapal Tipe Kragan)*. Jurnal Teknik Perkapalan, 4(4), 345–352.
- Siregar, A. P., Raya, A. B., & Nugroho, A. D. (2020). *Upaya Pengembangan Industri Batik di Indonesia*. 37(1), 79–92.
- Spicer, P. T., Keller, W., & Pratsinis, S. E. (1996). *The effect of impeller type on floc size and structure during shear-induced flocculation*. Journal of Colloid and Interface Science, 184(1), 112–122.
- Taslim, T., Priaji, T., Pratama, A. J., Grace, M., & Kelvin, K. (2019). *Pengaruh Jenis Impeller terhadap Pola Aliran , Pendispersian Padatan serta Pencampuran Cairan yang Tidak Saling Melarut dengan dan tanpa Sekat Pada Peralatan Pencampuran Fluida*.
- Trilita, M. N., Safeyah, & M., Hendrasarie, N. (2018). *CFD Modelling of a Highly Viscous Liquid Film on Rotating Vertically Disk*
- Widyarso, W. Z. (2019). *Kombinasi Koagulasi Flokulasi Dan Elektrokimia Untuk Menurunkan Kadar COD dan TSS Limbah Pewarnaan Batik*. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jatim.
- Yudaturrahmah, I. I. (2020). *Pengaruh Penambahan Impeller Pada Fase Aerobik Terhadap Efisiensi Kinerja Sequencing Batch Reactor Pada Limbah Cair Industri Tahu*. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
- Zahroh, M. M. (2019). *Penurunan Kandungan TSS, COD, dan Warna Pada Limbah Industri Batik Menggunakan Metode Elektrokimia Dengan Sistem Aliran Kontinyu*. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur