

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI BATIK DENGAN
SISTEM AEROBIK GRANUL SEBAGAI SALAH SATU UPAYA
DALAM MENDUKUNG INDUSTRI BERWAWASAN
LINGKUNGAN**



TESIS

**Nanik Indah Setianingsih
30000118410006**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
FAKULTAS SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2019**

LEMBAR AWAN

TESIS

PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI BATIK DENGAN SISTEM
AEROBIK GRANUL SEBAGAI SALAH SATU UPAYA DALAM
MENDUKUNG INDUSTRI BERWAWASAN LINGKUNGAN

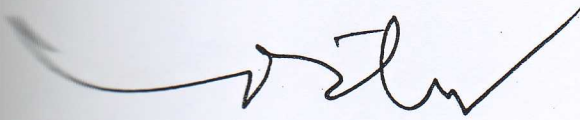
Disusun oleh

Nanik Indah Setianingsih
30000118410006

Semarang, Oktober 2019

Mengetahui,
Komisi Pembimbing

Pembimbing I



Prof. Dr. Hadiyanto, S.T., M.Sc
NIP. 19751028 199903 1 004

Pembimbing II



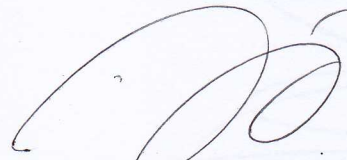
Dr. Ing. Sudarno, S.T., M.Sc.
NIP. 19740131 199903 1 003

Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Diponegoro



Dr. R. B. Sularto, SH., M. Hum
NIP. 19670101 199103 1 005

Ketua Program Studi
Magister Ilmu Lingkungan



Dr. Eng. Maryono, S.T., M.T
NIP. 19750811 200012 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI BATIK DENGAN SISTEM AEROBIK GRANUL SEBAGAI SALAH SATU UPAYA DALAM MENDUKUNG INDUSTRI BERWAWASAN LINGKUNGAN

Disusun oleh

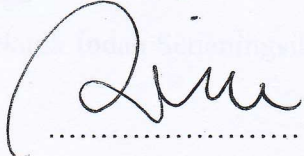
Nanik Indah Setianingsih
30000118410006

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada Tanggal 25 Oktober 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Ketua

M. Arief Budiharjo, S.T., M.Eng, Env.Eng, Ph.D

Tanda tangan



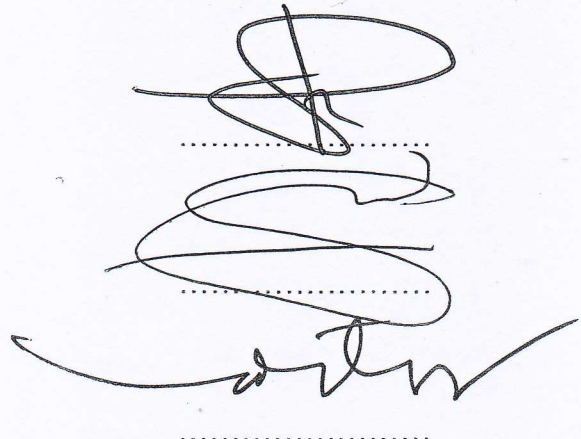
.....

Anggota

1. Dr. Ing. Suherman, S.T., M.T

2. Dr. Ing. Sudarno, S.T., M.Sc

3. Prof. Dr. Hadiyanto, S.T., M.Sc



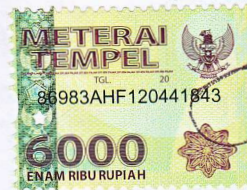
.....
.....
.....

PERNYATAAN

Dengan ini penulis, **Nanik Indah Setianingsih** menyatakan bahwa Tesis yang berjudul “Pengolahan Air Limbah Industri Batik Dengan Sistem Aerobik Granul Sebagai Salah Satu Upaya Dalam Mendukung Industri Berwawasan Lingkungan” adalah benar-benar karya asli yang penulis buat sendiri dan karya ilmiah/tesis ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar Magister (S2) di Universitas Diponegoro maupun perguruan tinggi lainnya.

Semua informasi yang dimuat dalam Tesis ini yang berasal dari karya orang lain, baik yang dipublikasikan atau tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar dan semua isi dari Tesis ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Semarang, Oktober 2019



Nanik Indah Setianingsih

RIWAYAT HIDUP



Nanik Indah Setianingsih, lahir di Blora pada tanggal 26 Oktober 1986. Anak ketiga dari ketiga bersaudara pasangan Bapak Joko Sutono dan Ibu Rasinah. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SDN Wantilgung tahun 1998, SMPN 1 Ngawen tahun 2001, SMAN 1 Blora tahun 2004 dan pada tahun yang sama penulis diterima di Program Studi S1-Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor melalui jalur USMI. Pada tahun 2008 penulis mendapatkan gelar Sarjana Teknologi Pertanian di Institut Pertanian Bogor. Pada akhir tahun 2008 penulis diterima sebagai Calon Pegawai Negeri Sipil di Kementerian Perindustrian dengan formasi sebagai peneliti, dan hingga saat ini penulis bekerja sebagai peneliti di Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri. Penulis melanjutkan pendidikan S-2 dan diterima di Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro pada bulan Agustus 2018 melalui Program Bappenas dengan Beasiswa Gelar dari Pusbindiklatren Bappenas. Tesis yang disusun penulis sebagai syarat menempuh program S-2 adalah “Pengolahan Air Limbah Industri Batik Dengan Sistem Aerobik Granul Sebagai Salah Satu Upaya Dalam Mendukung Industri Berwawasan Lingkungan”.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir/Tesis dengan judul “Pengolahan Air Limbah Industri Batik Dengan Sistem Aerobik Granul Sebagai Salah Satu Upaya Dalam Mendukung Industri Berwawasan Lingkungan”.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini, yaitu :

1. Prof. Dr. Hadiyanto, S.T., M.Sc dan Dr. Ing. Sudarno, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing atas arahan, kritik serta sarannya selama penelitian dan penyusunan tesis.
2. Rustiana Yuliasni, S.T., M.Sc selaku supervisor penelitian atas arahan, kritik serta sarannya selama penelitian dan penyusunan tesis.
3. M. Arief Budiharjo, S.T., M.Eng, Env.Eng, Ph.D dan Dr. Ing. Suherman, S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran untuk perbaikan penyusunan tesis.
4. Orang tua dan segenap keluarga yang selalu memberikan doa dan dukungan.
5. Semua pihak yang telah membantu terutama teman-teman Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro angkatan 53, 54 dan 55 serta para peneliti, perekayasa, analis dan Kepala Bidang Litbang Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri dalam penelitian dan penyusunan tesis ini.
6. Pusat Pembinaan, Pendidikan dan Pelatihan Perencana Bappenas (**Pusbindiklatren**) yang telah memberikan beasiswa kepada penulis melalui program Beasiswa Gelar Pendidikan Magister Tahun 2018

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tesis ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk memperbaiki tesis ini. Semoga tesis ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang ilmu lingkungan.

Semarang, Oktober 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
ABSTRAK.....	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Manfaat.....	3
1.5. Penelitian Terdahulu dan Keaslian Penelitian	4
1.6 Kerangka Pemikiran Penelitian	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Industri batik.....	9
2.2. Air limbah industri batik	9
2.3. Sistem aerobik granul	11
2.4 Aplikasi sistem aerobik granul	14
BAB III. METODE PENELITIAN.....	17
3.1. Lokasi dan waktu penelitian	17
3.2 Ruang lingkup penelitian.....	17
3.3 Metodologi	18
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1. Karakteristik air limbah industri batik.....	23
4.2. Tahap granulasi (Pembentukan Granul)	26
4.3. Tahap pengolahan air limbah industri batik	32
4.4. Performa degradasi polutan	40
BAB V. KESIMPULAN	43

5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	44
RINGKASAN.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN	55

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Penelitian terdahulu.....	4
Tabel 2. Hasil analisis karakteristik awal air limbah	10
Tabel 3. Hasil analisis air limbah campuran	10
Tabel 4. Jadwal kegiatan penelitian	17
Tabel 5. Karakteristik air limbah industri batik	24
Tabel 6. Hasil analisis parameter lengkap.....	41

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Kerangka pemikiran penelitian	6
Gambar 2. Skema reaktor.....	18
Gambar 3. Proses pembentukan granul.....	19
Gambar 4. Tahapan pengolahan air limbah	21
Gambar 5. Visual air limbah industri batik.....	23
Gambar 6. Visual aerobik granul hari ke-14.....	26
Gambar 7. Analisis distribusi ukuran partikel aerobik granul asetat	27
Gambar 8. Analisis <i>sludge volume index</i> (SVI) granul asetat.....	28
Gambar 9. Analisis <i>settling velocity</i> (kecepatan pengendapan) granul asetat ...	30
Gambar 10. Efisiensi removal COD pada tahap granulasi	31
Gambar 11. Distribusi ukuran partikel granul pada tahap pengolahan air limbah industri batik.....	32
Gambar 12. Analisis <i>sludge volume index</i> (SVI) granul pada tahap pengolahan air limbah industri batik.....	34
Gambar 13. Analisis <i>settling velocity</i> (kecepatan pengendapan)granul pada tahap pengolahan air limbah industri batik.....	36
Gambar 14. Efisiensi removal COD pada tahap pengolahan air limbah industri batik.....	38
Gambar 15. MLSS/ <i>Mixed liquour Suspended Solid</i>) vs performa degradasi COD	39
Gambar 16. Performa degradasi polutan aerobik granul	41

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Dokumentasi percobaan penelitian.....	55
Lampiran 2. Publikasi ilmiah	60

ABSTRAK

Air limbah industri batik mengandung polutan yang sebagian besar berasal dari sisa pewarna dan lilin/malam sehingga dapat mencemari lingkungan jika tidak diolah terlebih dahulu. Pengolahan air limbah industri batik yang pernah dilakukan baik secara fisika-kimia maupun biologi belum dapat menurunkan polutan secara optimal oleh sebab itu perlu dicoba alternatif teknologi yang lain. Aerobik granul merupakan salah satu sistem pengolahan air limbah secara biologi, dimana selain mengolah polutan dengan beban COD yang tinggi, sistem ini juga mampu mereduksi polutan *nutrient* dan cemaran toksik air limbah dengan waktu tinggal hidraulik yang pendek. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan salah satu alternatif teknologi pengolahan air limbah industri batik dengan sistem aerobik granul yang diharapkan akan lebih efektif, efisien dan ramah lingkungan dibandingkan dengan teknologi yang telah dicoba sebelumnya. Penelitian dilakukan di laboratorium BBTPPI dengan sampel air limbah diambil dari IKM Batik Semarang 16. Uji coba dilakukan dengan menggunakan SBR (*sequencing batch reactor*) dengan volume 10 L. Aerobik granul berhasil dikembangkan dari *sludge* IPAL lumpur aktif dengan umpan berupa natrium asetat konsentrasi COD 900-1200 mg/L. Granul terbentuk setelah 14 hari operasi reaktor dengan dua kali siklus per hari, satu siklus dijalankan selama 310 menit terdiri dari *feeding* (pemasukan umpan) 2,5 menit, kondisi anaerob 90 menit, kondisi aerob 210 menit, pengendapan 5 menit dan *withdraw* (pengeluaran efluen) 2,5 menit dan *exchange ratio* 60%. Jumlah granul asetat mencapai 76,74% dengan persentase tertinggi adalah granul dengan ukuran partikel $0,3\text{mm} < d < 0,7\text{mm}$ sebesar 34,91%. Granul asetat memiliki nilai SVI_5 sebesar 89,51 mL/g dan nilai SVI_{30} sebesar 86,96 mL/g dengan nilai rasio SVI_{30} terhadap SVI_5 adalah 0,97 dan kecepatan pengendapan sebesar 13,8 cm/menit. Efisiensi removal karbon organik selama tahap granulasi dengan konsentrasi COD inlet sebesar 900-1200 mg/L mencapai 94-97%. Peningkatan konsentrasi air limbah industri batik berpengaruh terhadap karakteristik aerobik granul. Jumlah granul pada pengolahan air limbah industri batik konsentrasi 50% mencapai 93% dengan fraksi tertinggi adalah granul dengan ukuran $d > 2\text{mm}$. Jumlah granul pada pengolahan air limbah industri batik konsentrasi 100% turun menjadi 65,01% dengan fraksi tertinggi adalah partikel flok dengan ukuran $d < 0,3\text{mm}$ sebanyak 34,99%. Nilai SVI_5 pada tahap pengolahan air limbah industri batik mencapai 74,26 mL/g sedangkan nilai SVI_{30} adalah sebesar 79,21 mL/g. Kecepatan pengendapan granul meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi air limbah batik dan berkurangnya jumlah biomassa dalam reaktor mencapai 18,5 cm/menit. Konsentrasi biomassa dalam reaktor dan efisiensi removal COD menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi air limbah industri batik. Rata-rata efisiensi removal COD pada pengolahan air limbah industri batik sebanyak 25%, 50% dan 100% masing-masing adalah 84,35%, 73,80% dan 56,04%. Performa removal polutan BOD_5 ,

COD, TSS dan minyak lemak pada pengolahan 50% air limbah industri batik masing-masing adalah sebesar 73,44%, 69,77%, 85,65% dan 83,44%. Performa removal polutan BOD₅, COD, TSS dan minyak lemak pada pengolahan 100% air limbah industri batik masing-masing adalah sebesar 63,54%, 54,62%, 77,94% dan 59,68%.

Kata kunci : air limbah, industri batik, aerobik granul, berwawasan lingkungan

ABSTRACT

Batik industry wastewater contains pollutants mostly come from the remaining dyes and wax that can pollute the environment if not treated first. Treatment of batik industry wastewater has been carried out both physically-chemically and biologically has not been able to reduce pollutants optimally yet, therefore it is necessary to try other alternative technology. Aerobic granule is a biological wastewater treatment system, which in addition treats pollutants with high COD load, this system is also capable of reducing nutrient pollutants and toxic wastewater contamination with short hydraulic retention times. The aim of this research is to obtain an alternative technology for wastewater treatment of batik industry with aerobic granule system which is expected to become more effective, efficient and environmentally friendly compared to previous technologies. The study was conducted in the BBTPPI laboratory with wastewater sample taken from IKM Batik Semarang 16. The experiment was carried out using SBR (sequencing batch reactor) with volume of 10 L. Aerobic granules were successfully developed from sludge WWTP activated sludge with feed of sodium acetate with COD concentration 900-1200 mg/L. Granules formed after 14 days of reactor operation with two cycles per day, one cycle run for 310 minutes consisting of 2.5 minutes of feeding, 90 minutes of anaerobic condition, 210 minutes of aerobic condition, 5 minutes of settling and 2.5 minutes withdrawing (effluent removal) and exchange ratio of 60%. The number of acetate granules reaches 76.74% with the highest percentage is granule with particle size of $0.3\text{mm} < d < 0.7\text{mm}$ of 34.91%. Acetate granule has SVI_{5} value of 89.51 mL/g and SVI_{30} value of 86.96 mL/g with SVI_{30} to SVI_{5} ratio of 0.97 and settling velocity of 13.8 cm/min. Efficiency of removing organic carbon during granulation stage with inlet COD concentration of 900-1200 mg/L reaches 94-97%. Increasing concentration of batik industry wastewater affects the characteristics of aerobic granules. The number of granules in the batik industry wastewater treatment with concentration of 50% reaches 93% with the highest fraction is granule with size $> d > 2\text{mm}$. The number of granules in batik industry wastewater treatment 100% concentration dropped to 65.01% with the highest fraction is floc particles with size of $d < 0.3\text{mm}$ as much as 34.99%. SVI_{5} value at batik industry wastewater treatment stage reaches 74.26 mL/g while SVI_{30} value is 79.21 mL/g. Settling velocity of granules increases with the increase of concentration of batik wastewater and the reducing amount of biomass in the reactor reaches 18.5 cm/minute. Concentration of biomass in the reactor and COD removal efficiency decreases with increasing concentration of batik industry wastewater. The average COD removal efficiency in batik industry wastewater treatment 25%, 50% and 100% respectively are 84.35%, 73.80% and 56.04%. The performance of BOD_{5} , COD, TSS and oil & grease pollutant removal in the 50% treatment of batik industry wastewater are 73.44%, 69.77%, 85.65% and 83.44%, respectively.

The performance of BOD₅, COD, TSS and oil & grease pollutant removal in the 100% of batik industry wastewater treatment are 63.54%, 54.62%, 77.94% and 59.68%, respectively.

Keywords : wastewater, batik industry, aerobic granule, environmentally friendly