



MYANMAR



THAILAND



LAOS



Komite Akreditasi Nasional
Certification Body for Quality System
ISSM - 009 - IKN



PHILIPPINE

VIETNAM

PROSIDING SEMINAR NASIONAL

SINGAPORE



INDONESIA



POLINES

NATIONAL ENGINEERING SEMINAR II (PNES II) 2014

PERAN PERGURUAN Tinggi di Industri MANUFATUR MENYONGSONG ERA AEC 2015



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI SEMARANG

Buku II

ISBN 978-979-3514-46-8



Politeknik Negeri Semarang, 12 November 2014



Prosiding Seminar Nasional

Polines National Engineering Semarang (PNES)II 2014 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang



Reviewer

Prof. Dr. Erry Yulian T. Adesta (UIA Malaysia)
Ass Prof. Dr. Sukur Abu Hasan (UTM)
Dr. Drs. Anwar Sukito Ardjo, M.Kom (Polines)
Dr. Eng. Sidiq Syamsul Hidayat, ST, MT. (Polines)
Dr. Bambang Supriyo (UNY)
Dr. Darwin Rio Budi Syaka, ST, MT (UNJ)
Dr. M. Tauviquirrahman ST, MT (UNDIP)
Dr. Rifky Ismail, MT (UNDIP)

Lay Out:

M Denny Surindra, ST, MT
Anis Roihatin, ST, MT

Diterbitkan Oleh:

Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Semarang

ISBN 978-979-3514-46-8

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah kami haturkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa sehingga Polines National Engineering Seminar (PNES) II 2014 dapat terlaksana. PNES merupakan kegiatan yang dilaksanakan rutin setiap dua tahun oleh Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang. PNES II tahun 2014 ini dilaksanakan pada hari Rabu, 12 November 2014 di Plaza Hotel Semarang dan mengambil tema “Peran Perguruan Tinggi di Industri Manufaktur Menyongsong Era AEC 2015”. Dengan tema tersebut, diharapkan dapat menguatkan atmosfer akademik, pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi dari sisi pengembangan SDM yang diarahkan untuk memberikan dukungan pencapaian visi dan misi untuk menyongsong AEC 2015.

Prosiding ini disusun dalam 3 topik utama, yaitu (1) Perancangan, Manufaktur dan Material, Otomotif dan Perawatan Industri, (2) Konversi Energi, Kimia Industri dan Lingkungan, serta (3) Mekatronika dan Elektronika Industri, Teknologi Telekomunikasi dan Teknologi Informasi. Keseluruhan makalah yang termuat dalam prosiding ini berjumlah 106 makalah yang berasal dari 20 institusi perguruan tinggi.

Panitia PNES II 2014 mengucapkan terima kasih kepada jajaran direksi Politeknik Negeri Semarang, para pembicara kunci, para pemakalah yang berkontribusi dalam buku ini, seluruh civitas akademika jurusan Teknik Mesin Khususnya dan Politeknik Negeri Semarang pada umumnya, donatur dan semua partisipan yang menghadiri seminar ini

Panitia PNES 2014 juga menyampaikan permohonan maaf yang setinggi-tingginya apabila ada kesalahan dalam proses editing dan lainnya. Kami mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pemakalah maupun pembaca pada umumnya.

PANITIA PNES II 2014

**PANITIA SEMINAR NASIONAL
POLINES NASIONAL ENGINEERING SEMINAR (PNES) II 2014
POLITEKNIK NEGERI SEMARANG**

Penanggung Jawab: Sugeng Ariyono, B.Eng, M.Eng, Ph.D.

Ketua Pelaksana : Dr. Totok Prasetyo, B.Eng, MT
Wakil Ketua : Drs. Poedji Haryanto, S.ST, MT

Sekretaris : M Denny Surindra, ST, MT
Anis Roihatin, ST, MT
Ariawan Wahyu P , ST, M.Eng
Hery Tristijanto, ST, M.Eng
Aryo Satito, ST, M.Eng
Drs. Amrul
Joko Mujihartono, ST
Rusli, SE
Mulyono, Amd

Bendahara : Suwarti, ST, MT
Dwiana Hendrawati, ST, MT

Humas : Bambang Sumiyarso, ST, MT
F. Gatot Sumarno, ST, MT

Reviewer Seminar

1. Prof. Dr. Erry Yulian T. Adesta (UIA Malaysia)
2. Ass Prof. Dr. Sukur Abu Hasan (UTM)
3. Dr. Drs. Anwar Sukito Ardjo, M.Kom (Polines)
4. Dr. Eng. Sidiq Syamsul Hidayat, ST, MT. (Polines)
5. Dr. Bambang Supriyo (UNY)
6. Dr. Darwin Rio Budi Syaka, ST, MT (UNJ)
7. Dr. M. Tauviqirrahman ST, MT (UNDIP)
8. Dr. Rifky Ismail, MT (UNDIP)

Sekretariat

Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang
Semarang, Indonesia 50275
Telp.(024) 7473417, 7499585
Email: pnespolines@gmail.com
Web: www.polines.ac.id/pnes2-2014

DAFTAR ISI

TEPUNG BUAH MANGROVE TERMODIFIKASI SECARA HIDROLISIS ASAM DAN REAKSI PHOTOKIMIA UV SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI GANDUM Agustien Zulaidah	B.1
KARAKTERISASI DAN UJI STABILITAS MEMBRAN ULTRAFILTRASI MODIFIKASI METODE PEMISAHAN FASE REAKTIF Anis Roihatin, Heru Susanto, Didi Dwi Anggoro	B.8
EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DENGAN GELOMBANG MIKRO UNTUK PRODUKSI MINYAK JAHE (GINGER OIL) BERKADAR ZINGIBEREN TINGGI Dwi Handayani, Diyono Ikhsan, Mohamad Endy Y	B.17
PEMANFAATAN LIMBAH PATI AREN SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN CARBOXY METHYL CELLULOSE MENGGUNAKAN METODE ETHERIFIKASI Herman Yoseph Sriyana, Ronny Windu Sudrajat, Sri Sutanti	B.24
ANALISA KERUGIAN KALOR (HEAT LOSS) PADA KOLEKTOR SURYA PELAT DATAR DENGAN TIGA DAN ENAM PIPA Nugroho Gama Yoga, Supria Wiganda, Afria Melatisari H	B.28
ANALISA PENGARUH DEBIT ALIRAN AIR PENGAMBIL PANAS TERHADAP EFISIENSI KOLEKTOR SURYA PLAT DATAR DENGAN TIGA DAN ENAM PIPA Nugroho Gama Yoga, Supria Wiganda, Fauzia Andriyani	B.34
STRATEGI PENGURANGAN EMISI GAS CO ₂ DENGAN RANCANG BANGUN MOTOR BAKAR BERBAHAN BAKAR RAMAH LINGKUNGAN R Suharto	B.38
DAMPAK PENGELOLAAN AGROFORESTRY BAGI LINGKUNGAN DI KABUPATEN BANJARNEGARA Rini Umiyati, Hartuti Purnaweni, Sutarno	B.49
PENINGKATAN KADAR ETHANOL DENGAN OPTIMASI PROSES FERMENTASI, DESTILASI DAN KONDENSASI PADA MESIN DISTILATOR BIOETHANOL Rochmad Winarso, Bahtiar Setya N, Ahmat Irtandi, Sirojul Munir	B.55
PEMBUATAN BIOFILM POLI ASAM LAKTAT/POLI VINIL ALKOHOL MENGGUNAKAN METODE SOLUTION CASTING Sari Purnavita, Herman Yoseph Sriyana, Sri Hartini	B.61
ANALISIS PERPINDAHAN PANAS GAS TURBINE CLOSED COOLING WATER HEAT EXCHANGER DI SEKTOR	B.66

PEMBANGKITAN PLTGU CILEGON
Slamet Priyoatmojo

PRINSIP KERJA TENAGA ANGINTURBIN SAVOUNIUS DI DEKAT PANTAI KOTA TEGAL
Soebyakto B.71

PENGELOLAAN MANGROVE PESISIR BETAHWALANG DEMAK
Sri Subekti B.78

TEKNOLOGI PEMBUATAN VERNIS ALAMI BERBAHAN DASAR GONDORUKEM UNTUK FINISHING KERAJINAN ECENG GONDOK
Sri Sutanti, Sari Purnavita, Herman Yoseph Sriyana B.84

KARAKTERISTIK PEMANASAN DAN POTENSI ENERGI HASIL PEMBAKARAN SAMPAH RUMAH TANGGA DENGAN INSINERATOR SISTEM KONTINYU
Subagiyo, Eko Naryono, Sandra Santoso, Bambang Irawan B.90

PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU: OVERVIEW
S Setyowati Rahayu, Purwanto, Budiyono B.96

REKAYASA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI KECIL BATIK YANG MENGANDUNG TIMBAL DENGAN METODE ELEKTROLISA
S Setyowati Rahayu, Sri Astuti, Vonny SAB B.103

KONTRIBUSI GAS RUMAH KACA PADA INDUSTRI KECIL BATIK TERHADAP PEMANASAN GLOBAL
Velma Nindita B.110

PEMODELAN KINETIKA REAKSI TRANSESTERIFIKASI ENZIMATIS MINYAK IKAN TUNA DENGAN BIOKATALIS LIPASE CANDIDA RUGOSE IMMOBILE MENJADI LIPID TERSTRUKTUR KAYA OMEGA-3
Wahyuningsih, Margaretha Tuti S B.119

PENGGUNAAN ZEOLIT ALAM SEBAGAI KATALIS DITINJAU TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR, EMISI GAS BUANG
Yuniarto Agus Winoko, Bambang Irawan, Bambang Sulistiyono B.124



**TOPIK B. KONVERSI ENERGI, KIMIA INDUSTRI DAN
LINGKUNGAN**



ProsidingPNES II2014
JurusanTeknikMesinPoliteknikNegeri Semarang
ISBN 978-979-3514-46-8

KONTRIBUSI GAS RUMAH KACA PADA INDUSTRI KECIL BATIK TERHADAP PEMANASAN GLOBAL

Velma Nindita¹

¹Teknik Lingkungan Universitas PGRI Semarang

Jl. Sidodadi Timur No. 24 Semarang

email : velma_nindita@yahoo.com , nindita.velma@gmail.com

Abstrak

Meningkatnya kebutuhan produksi batik karena adanya permintaan pasar yang tinggi pula menyebabkan dampak positif dan negatif bagi kehidupan di dunia perindustrian. Dampak positif tentunya dari sisi ekonomi, dan dampak negatif dari sisi limbah yang dihasilkan. Sisi negatif dari produksi batik ini jika tidak ada pengelolaan dengan tepat dapat membahayakan pencemaran lingkungan baik dalam bentuk limbah padat, cair, maupun emisi yang dihasilkan. Limbah-limbah ini juga berkontribusi menghasilkan emisi gas rumah kaca yang dapat menimbulkan pemanasan global. Jika dibayangkan, setiap satu home industry batik dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca sebesar $4,5 \times 10^{-5}$ ton CO₂ equiv per produk, bagaimana jika total keseluruhan home industry dijumlahkan dan seberapa besar jumlah emisi GRK CO₂ yang dihasilkan jika tidak ada teknologi atau konsep sistem pengelolaan yang lebih baik untuk penanganan tersebut. Tujuan penelitian ini adalah menghitung jumlah limbah produksi batik dan seberapa besar jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan dari produksi batik tersebut pada industri kecil. Berdasarkan hasil analisis penelitian pada satu industri batik di Pekalongan didapatkan perhitungan emisi gas rumah kaca per produk jadi 1 unit batik didapatkan dengan hasil sebagai berikut, kayu bakar $3,6 \times 10^{-7}$ ton GHG, listrik $7,3 \times 10^{-6}$ ton CO₂ equiv ; dan LPG menghasilkan $1,3 \times 10^{-6}$ ton GHG. Konsumsi energi $5,48 \times 10^{-4}$ Gigajoule [energi] per produk, dan total emisi gas rumah kaca $4,5 \times 10^{-5}$ ton CO₂ equiv per produk. Sedangkan jumlah limbah cair pada proses produksi batik proses pewarnaan kebutuhan air 76L, jumlah limbah 57,5 L, proses pelorodan kebutuhan air 900 L, jumlah limbah 865,7 L, proses pencucian 1500 L, dan pemakaian listrik 0,307 KWh

Kata kunci: gas rumah kaca, emisi, limbah.

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Isu pemanasan global dan perubahan iklim menjadi serius mulai abad 18 (1750) sampai abad 21 dan juga menjadi tantangan dalam perencanaan pembangunan kota saat ini dan mendatang. Penduduk dunia mulai merasakan suhu udara secara perlahan dari waktu ke waktu semakin panas. Pemanasan global telah berpengaruh nyata pada seluruh sendi kehidupan manusia diseluruh dunia,

mulai dari bidang transportasi, pertanian, kehutanan, peternakan, industri dan lain sebagainya. Gas-gas yang menyebabkan emisi GRK penyebab pemanasan global diantaranya CO₂, CH₄, NO, NO₂, CO, PFC, dan SF₆. Gas Rumah Kaca inilah yang menyerap dan memantulkan kembali radiasi gelombang yang dipancarkan ke bumi sehingga permukaan bumi menjadi panas.

Kontribusi terbesar gas rumah kaca terhadap pemanasan global adalah CO₂ = 82%, CH₄ = 15%, sisanya gas lain. Gas CO₂ adalah salah satu gas yang secara alamiah keluar saat manusia bernafas, hasil pembakaran kayu, pembakaran batu bara, konsumsi bahan bakar seperti minyak tanah, bensin, solar, LPG, bahkan penggunaan listrik juga menghasilkan GRK. Berkaitan dengan hal tersebut, ternyata suatu industri batik juga mempunyai kontribusi GRK yang cukup signifikan. Kota Pekalongan merupakan salah satu kota penghasil batik terbesar di Indonesia, dan dijuluki dengan nama Kota Batik. Kota ini juga yang paling dominan dalam pemasokan batik ke pasar maupun grosir di nusantara. Sisi negatif dibalik keindahan batik-batik yang dihasilkan ada persoalan lain salah satunya yaitu limbah batik. Dalam kenyataannya limbah batik ini memang menjadi masalah yang masih sulit untuk ditanggulangi, karena setiap produsen batik setiap harinya dapat membuang puluhan kubik air bekas rendaman pewarnaan, cucian dsb yang tercampur dengan obat batik dan itu dialirkan ke sungai tanpa proses penyaringan terlebih dahulu. Oleh sebab itu sungai-sungai dikawasan Pekalongan dan khususnya di Buaran dan sekitarnya menjadi berwarna dan menimbulkan bau yang tidak sedap. Yang lebih parahnya lagi air sumur warga yang bertempat tinggal dibantaran sungai tersebut menjadi terkontaminasi oleh limbah tersebut, sehingga warna air sumur berubah menjadi sedikit keruh dan berbau. Semua itu dapat membahayakan jika air yang terkontaminasi limbah batik itu digunakan untuk kebutuhan sehari-hari seperti, mandi, mencuci, serta memasak air. Masyarakat sekitar tampaknya belum sadar akan dampak yang akan dirasakan oleh limbah tersebut. Mereka semua hanya berfikir bagaimana membuat batik yang baik dan bagus agar laku di pasaran lokal maupun mancanegara.

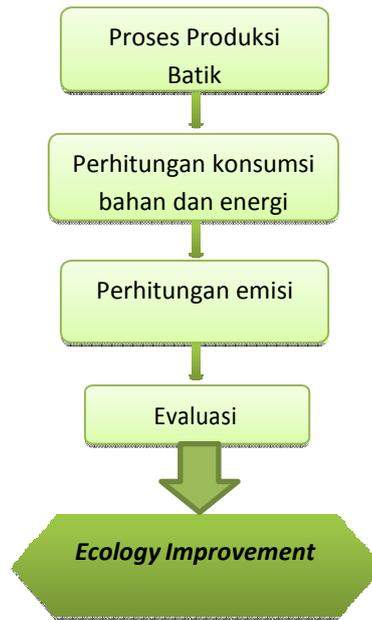
Identifikasi Masalah

1. Inefisiensi penggunaan bahan baku dan sumber daya (air dan energi) dapat menimbulkan pengaruh terhadap lingkungan.
2. Besarnya efek gas rumah kaca yang dapat menimbulkan pemanasan global jika di industri batik tidak ada pengelolaan yang tepat.

Tujuan Penelitian

1. Menghitung jumlah limbah produksi batik.
2. Menghitung jumlah emisi gas rumah kaca.

II. Metodologi Penelitian



Gambar 1. Kerangka Konsep Teoritis

1. Kerangka Konsep Teoritis

Pendekatan kerangka konsep teoritis menggunakan konsep eko-efisiensi yaitu mengarah pada perbaikan ekologi dan ekonomi dengan peningkatan kualitas kinerja industri dimulai dari proses produksi hingga evaluasi sesudah implementasi eko-efisiensi. *Ecology Improvement*, diantaranya dari segi ekologi menganalisis dampak lingkungan yang terjadi dalam hal ini gas rumah kaca dan bagaimana meminimisasi limbah yang dihasilkan.

2. Tipe Penelitian

Pendekatan penelitian ini bersifat studi kasus. Analisis model menggunakan analisis deskriptif dengan pendekatan metode kuantitatif. Analisis deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran dan identifikasi adanya inefisiensi penggunaan bahan dan energi yang dikaji dengan konsep eko-efisiensi. Metode kuantitatif digunakan perhitungan jumlah limbah dan emisi gas rumah kaca.

3. Metode Pengumpulan Data Primer dan Sekunder

Observasi lapangan; dimulai dari *input* hingga *output* yaitu pemakaian bahan dan energi hingga limbah dihasilkan sebagai *output* baik itu limbah padat, limbah cair ataupun emisi.

4. Pengukuran

Pengukuran emisi gas rumah kaca. Pengukuran ini terdiri dari:

a. Jumlah pemakaian energi

Pemakaian energi listrik dapat dihitung menggunakan rumus :

$$1 \text{ kWh} = (P \times t)/1000$$

Keterangan : P = Daya (watt)

t = waktu (Jam)

b. Emisi GRK

Emisi gas rumah kaca dapat dihitung dari total konsumsi bahan bakar dikalikan dengan faktor emisi dan nilai kalori, sedangkan untuk konsumsi listrik dihitung melalui pemakaian energi listrik dikalikan dengan faktor konversi emisi CO₂ pembangkitan listrik Jawa-Bali. Pada dasarnya penghitungan emisi GRK menggunakan rumus dasar sebagai berikut :

$$\text{Emisi GRK} = \sum A_i \times \text{EF}_i$$

Sumber : Pedoman Inventarisasi Gas Rumah Kaca, IPCC, 2006

Keterangan :

Emisi GRK = Emisi suatu gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O)

A_i = Konsumsi bahan jenis i atau jumlah produk i

EF_i = Faktor Emisi dari bahan jenis i atau produk i

Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 71 Tahun 2011, Faktor emisi adalah besaran emisi GRK yang dilepaskan ke atmosfer per satuan aktivitas tertentu. Faktor emisi ditentukan berdasarkan penelitian dan sangat spesifik untuk setiap bahan atau produk. Oleh karena belum ada faktor emisi yang spesifik untuk Indonesia, maka digunakan faktor emisi yang sudah ditentukan oleh IPCC. Nilai faktor emisi disajikan pada Tabel 1, sedangkan nilai kalori pada Tabel 2. Adapun contoh cara perhitungan emisi dan konsumsi energi bahan bakar menurut WBCSD, 2000 dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Perhitungan Konsumsi Energi Bahan Bakar

$$\text{Volume/ Massa Bahan Bakar jenis } \{i\} \text{ (Liter/Kg) } \times \text{Nilai Kalori (Kcal/liter/Kcal/Kg)} \quad (1)$$

2. Perhitungan Jumlah Emisi Gas Rumah Kaca

$$\text{Emisi Gas } \{i\} = \text{Konsumsi Energi Bahan Bakar (Terra Joule) } \times \text{Faktor Emisi Gas jenis } \{i\} \text{ (Kg/TJ)} \quad (2)$$

Tabel 1. Faktor Emisi Produk

No.	Produk	Faktor Emisi CO₂ (Kg/TJ)	Faktor Emisi CH₄ (Kg/TJ)	Faktor Emisi N₂O (Kg/TJ)
1.	Minyak Tanah	71.900	3	0,6
2.	LPG	63.100	1	0,1
3.	Kayu Bakar	112.000	30	4
4.	Listrik	586,323 ton CO ₂ /GWh		

Sumber : Pedoman Inventarisasi Gas Rumah Kaca, IPCC, 2006

Tabel 2. Nilai Kalori

No.	Produk Energi	Nilai Kalori
1.	Minyak Tanah	8498,75 Kcal/liter
2.	LPG	6302,58 Kcal/liter
3.	Kayu Bakar	3,948 Kcal/Kg
4.	Listrik	8,6 E-04 Gcal

Sumber : DESDM, 2007

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Jumlah Limbah Cair

a. Proses Pewarnaan

Pewarnaan merupakan proses pemberian warna pada bagian-bagian yang tidak tertutup lilin dari proses pembatikan. Dalam proses pewarnaan ini terdiri dari 3 tahap yaitu pewarnaan I colet (bunga-bunga), Pewarnaan II (biru muda kecil), Pewarnaan III (ungu). Berikut akan disajikan tabel hasil penelitian untuk jumlah limbah cair yang dihasilkan dari proses pewarnaan:

Tabel 3. Jumlah Limbah Cair Tahap Pewarnaan Proses Produksi Batik Kombinasi (2kodi)

No	Tahap Pewarnaan	Input Material	Jumlah Limbah
1.	Pewarnaan Dasar	76 L	·ceceran larutan pewarna : 4,2 L ·air limbah pewarna : 57,5 L
2.	Pewarnaan II	76 L	·ceceran larutan pewarna : 3,7 L ·air limbah pewarna : 66 L
3.	Pewarnaan III	76 L	·ceceran larutan pewarna : 2,5 L ·air limbah pewarna : 68 L

Sumber : Nindita, 2012

Dari hasil evaluasi yang dilakukan berdasarkan data di atas bahwa terdapat efisiensi penggunaan air bersih, tetapi masih cukup banyak menghasilkan cecceran air pewarna. Dengan demikian dalam tahap ini dapat dinilai bahwa pengrajin telah melakukan efisiensi bahan baku baik zat pewarna, air, dan bahan pendukung lainnya sehingga dapat meminimasi jumlah air limbah sisa pewarna tetapi untuk menghindari cecceran air pewarna masih sulit dilakukan.

b. Proses Pelorodan

Pelorodan merupakan proses pelepasan lilin pada kain batikan. Dalam proses pelorodan ini dilakukan melalui 2 tahap pelorodan. Berikut akan disajikan tabel hasil penelitian (2012) untuk jumlah limbah yang dihasilkan dari proses pelorodan:

Tabel 4. Jumlah Limbah Cair Tahap Pelorodan Proses Produksi Batik Kombinasi (2kodi)

No	Tahap Pelorodan	Kebutuhan Penggunaan Air Bersih	Jumlah limbah	Prosentase
1.	Pelorodan	900 L	865,77 L	$865,77 \text{ L} / 900 \text{ L} \times 100\% =$

Sumber : Nindita, 2012

Dari hasil evaluasi yang dilakukan berdasarkan data di atas, hasil yang diamati terlihat tidak terjadi penghematan di dalam penggunaan air bersih. Para pengrajin kurang memiliki kesadaran dalam mengefisiensikan penggunaan air. Jumlah limbah yang dibuang masih terlalu banyak.

c. Proses Pencucian

Pada proses pencucian, kebutuhan air yang digunakan setiap harinya sangat banyak, yaitu ± 1500 L untuk pencucian mencapai 15 kodi dengan motif kain batik yang sama atau berbeda. Berikut akan disajikan tabel hasil penelitian untuk jumlah limbah yang dihasilkan dari proses pencucian:

Tabel 5. Jumlah Limbah Cair Tahap Pencucian Proses Produksi Batik Kombinasi (2kodi)

No	Tahap Pencucian	Kebutuhan Air Bersih	Jumlah limbah
1.	Pencucian I Pencucian II	1100 L (Air Bersih) Bak I (400 L (air hujan) + 350 L) Bak II (750 L)	±1500 L

Sumber : Nindita, 2012

Dari hasil evaluasi yang dilakukan berdasarkan data di atas, pada proses pencucian terjadi hal yang sama pada perilaku penggunaan air dengan proses pelorodan. Pengrajin masih menggunakan banyak air, namun pada bak I masih bisa efisien karena ada alternatif sumber air yang lain yaitu air hujan. Pada saat penelitian dalam keadaan musim hujan, tetapi apabila musim kemarau, pengrajin masih menggunakan air dari tendon maupun menggunakan pompa air dan tergantung dari masing-masing pengrajin untuk dapat mengefisiensikan penggunaan air maupun listrik. Pada proses ini budaya kerja mereka masih tetap menggunakan naluri dan cenderung mencari cara yang tidak menyulitkan para pengrajin.

d. Pemakaian Listrik

Tabel 7. Pemakaian Energi Listrik Proses Produksi Batik Kombinasi (2kodi)

No	Proses	Kebutuhan Penggunaan Air Bersih dan waktu pemakaian pompa air sumur	Listrik

1.	Pewarnaan Colet	(3,5 L) 23 detik = 0,00639 jam	0,000798 kWh
2.	Pewarnaan II	(20 L) 1 menit 46 detik = 0,024 jam	0,00304 kWh
3.	Pelorodan I	(900 L) 1 jam 13 menit	0,141 kWh
4.	Pencucian	(1100) 1 jam 3 menit	0,16 kWh
5.	Pewarnaan III	(20 L) 1 menit 37 detik	0,00285 kWh
6.	Pelorodan II	-	- kWh
7.	Pencucian II	-	- kWh
	Total	2043,5 L	0,307 kWh

Sumber : Nindita, 2012

Dari hasil evaluasi yang dilakukan berdasarkan data di atas, dapat ditunjukkan bahwa penggunaan energi didasarkan pada seberapa banyak input yang diberikan. Semakin sedikit jumlah kebutuhan air yang digunakan, maka semakin sedikit pula energi listrik yang dipakai. Dalam hal penggunaan listrik dapat fluktuatif dikarenakan tergantung dari jumlah kebutuhan air maupun total produksi per harinya. Konsistensi pengrajin di dalam memperbaiki solusi tersebut tidak berlangsung secara kontinyu.

e. Kayu Bakar

Pada UKM Nadia Royani, kayu digunakan sebagai bahan bakar saat proses pelorodan. Dari hasil penelitian diketahui jumlah pemakaian kayu bakar saat proses pelorodan untuk 2 kodi kain yaitu 7 buah kayu panjang dengan total berat kayu keseluruhan = 41 Kg.

f. Emisi Gas Rumah Kaca

Berdasarkan penelitian pada satu industri batik di Pekalongan didapatkan perhitungan emisi gas rumah kaca *per produk jadi 1 unit batik* didapatkan dengan hasil sebagai berikut diantaranya kayu bakar $3,6 \times 10^{-7}$ ton GHG, listrik $7,3 \times 10^{-6}$ ton CO₂ equiv ; dan LPG menghasilkan $1,3 \times 10^{-6}$ ton GHG. Konsumsi energi $5,48 \times 10^{-4}$ Gigajoule [energi] per produk, dan **total emisi gas rumah kaca** $4,5 \times 10^{-5}$ ton CO₂ equiv per produk.

IV. Kesimpulan dan Saran

a. Kesimpulan

1. Efisiensi penggunaan air bersih proses pewarnaan, proses pelorodan, dan proses pencucian masih menunjukkan adanya inefisiensi. Efisiensi juga dilakukan pada penggantian bahan bakar dari minyak tanah ke LPG, dan pengurangan pemakaian kayu bakar.
2. Jumlah limbah cair pada proses produksi batik tidak dapat dibandingkan penurunan atau kenaikannya karena tergantung dari motif yang akan dibuat sehingga tahap prosesnya pun berbeda. Pada pewarnaan kenutuhan air 76L, jumlah limbah 57,5 L, proses pelorodan kebutuhan air 900 L, jumlah limbah 865,7 L, proses pencucian 1500 L, dan pemakaian listrik 0,307 KWh.
3. Jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan telah dihitung dengan hasil yaitu kayu bakar 47,185 Kg/hari = 1130 Kg/bulan menghasilkan $8,729 \times 10^{-5}$ ton GHG/GRK , LPG 24 Kg/bulan menghasilkan 0,079 ton GHG/GRK, dan listrik 44,2 KWh per bulan 0,0259 ton CO₂equiv.
4. Rasio eko-efisiensi telah dihitung dengan hasil sebagai berikut :

(Berdasarkan konsumsi energi, konsumsi bahan, dan emisi gas rumah kaca, didapat rasio sebagai berikut) :

- a. Konsumsi Energi (Bulan) = 288 kodi per 1,42854 Gigajoule [energi]
- b. Emisi Gas Rumah Kaca (Bulan) = 288 Kodi per 0,105 ton CO₂ equiv

b. Saran

Diperlukan perubahan perilaku dan budaya kerja efisien secara konsisten dan berkelanjutan sehingga diharapkan dapat mengembangkan industri yang ramah lingkungan.

Daftar Pustaka

- Abdul Kadir., 1995. *Energi Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik, dan Potensi Ekonomi*, 2nd ed.
- Miller, J, et al., 2003. *Chemical Management Guide : Improve Chemical Safety and Management to gain Cost Saving, Reduce Hazards, and Improve Safety*. Revised ed. GTZ. Eschborn.
- Purwanto, Andie Tri., 2000. *Perangkat Manajemen Lingkungan*.
<http://andietri.tripod.com/journal/book-1.htm>
- Rusidana., 2006. *Pengolahan Limbah Cair Industri Percetakan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi*. STTL. Yogyakarta.
- Sunaryo, Prasetyo., 1999. *Pengembangan Teknologi Pengelolaan Limbah Menuju Industri Yang Efisien dan Berwawasan Lingkungan*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah dan Pemulihan Kerusakan Lingkungan – BPPT. Jakarta,
- Van Berkel, Rene., 2000. *Cleaner Production for Process Industries*. Curtin University of Technology, Western Australia.
- Development (WBCSD)., 2000. *Measuring Eco-efficiency*. United Kingdom.