

Analisis Penerapan Produksi Bersih (*Cleaner Production*) dengan Metode *Quick Scanning* pada Industri Keramik di Mojokerto

Adila Putri Anindya¹, Novirina Hendrasarie^{1*}

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”
Jawa Timur

Correspondence Author: novirina@upnjatim.ac.id; Telp: 082234666332

Received: 08 June 2023; Accepted: 22 August 2023; Published: 30 September 2023

Abstract

In one of the ceramic factories in Mojokerto, there are 11 stages of the production process which are divided into 4 main stages namely body preparation, glazing, firing and packaging. Waste is generated in the form of loss raw material, loss of dry powder, green body, afal ceramic, cooling water, water glass, afal scrapper, afal glaze, machine oil spills and ink spills. Reuse of green body, ceramics, scrapper, glaze, and waterglass has been carried out, but other wastes have not been utilized optimally, so an analysis is carried out related to the implementation of this clean production to maximize the use of existing waste, minimize the occurrence of waste, and streamline production productivity. After analysis using the quick scanning method and interviews with each person in charge of the production stages, several options for implementing cleaner production were obtained, namely the Good Housekeeping, Reuse, Recycle, Elimination and Process Modification methods. Then an analysis was carried out using the Exponential Comparison Method (MPE) to determine the scale of the application of net production, it was found that of the 6 options proposed, the MPE value ranged from 4.920 to 6.580 with an MPE value of 4.920 having a scale of 1 or not important, MPE value of 5.896; 5.914 and 5.645 have a scale of 2 or important and MPE values of 6.210 and 6.580 have a scale of 3 or very important.

Keywords: *Cleaner Production, Ceramic Industry, Exponential Comparion Method, Quick Scanning Method*

Abstrak

Pada salah satu pabrik keramik di Mojokerto ini terdapat 11 tahapan proses produksi yang dibagi dalam 4 tahapan utamanya yaitu tahapan *body preparation*, pengglasiran, pembakaran dan pengemasan. Sehingga dihasilkan limbah berupa *loss raw material*, *loss powder kering*, *green body*, *afal keramik*, *cooling water*, *waterglass*, *afal scrapper*, *afal glaze*, tumpahan oli mesin dan tumpahan tinta. Telah dilakukan penggunaan kembali limbah *green body*, *afal keramik*, *afal scrapper*, *afal glaze* dan *waterglass*, namun limbah lainnya belum dimanfaatkan secara maksimal sehingga dilakukan analisis terkait penerapan produksi bersih ini untuk memaksimalkan penggunaan limbah yang ada, meminimalisir terjadinya limbah dan mengefisiensikan produktivitas produksi. Setelah dilakukan analisis dengan metode quickscanning dan wawancara dengan setiap penanggungjawab tahapan produksi, didapatkan beberapa opsi penerapan produksi bersih yang dapat diterapkan yaitu dengan metode *Good Housekeeping*, *Reuse*, *Recycle*, Pencegahan (*Elimination*) dan Modifikasi Proses. Kemudian dilakukan analisis dengan Metode Perbandingan Eksponensial (MPE) untuk mengetahui skala penerapan produksi bersih tersebut, didapatkan bahwa dari 6 opsi yang diajukan memiliki

rentang nilai MPE antara 4,920 hingga 6,580 dengan nilai MPE 4,920 memiliki skala 1 atau tidak penting, nilai MPE 5,896; 5,914 dan 5,645 memiliki skala 2 atau penting dan nilai MPE 6,210 dan 6,580 memiliki skala 3 atau sangat penting.

Kata kunci: Produksi Bersih, Industri Keramik, Metode Perbandingan Eksponensial (MPE), Metode *Quick Scanning*

1. Pendahuluan

Terjadinya peningkatan kuantitas produksi keramik maka akan selaras dengan limbah sisa produksi yang akan dihasilkan, hal ini disebabkan bahan baku yang digunakan semakin bertambah maka bobot limbah pabrik keramik yang dihasilkan akan semakin bertambah juga. Limbah yang dihasilkan dari proses produksi keramik berpotensi dimanfaatkan kembali, karena apabila dibiarkan menumpuk akan menimbulkan efek negatif dan merugikan (1). Limbah yang dihasilkan dari proses produksi keramik terutama keramik ubin berupa limbah padat yang dihasilkan dari pecahan keramik dan limbah cair dari proses sisa pembersihan alat (2) Sehingga memerlukan berbagai cara untuk mengurangi limbah yang dihasilkan dan mengurangi penggunaan bahan baku atau energi yang digunakan, salah satu metode yang dapat diterapkan yaitu dengan produksi bersih (*cleaner production*) (3).

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup, produksi bersih yaitu suatu strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat terpadu, preventif dan diterapkan secara berkala dari hulu hingga hilir proses produksi, produk dan jasa serta berguna untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam, mengurangi pencemaran lingkungan dan meminimalisir pembentukan limbah dari sumbernya sehingga dapat meminimalisir dampak bagi kesehatan manusia, keselamatan manusia dan kerusakan lingkungan (4), (5).

Penelitian ini berfokus pada penerapan produksi bersih di salah satu pabrik keramik yang berada di Mojokerto, pabrik ini memiliki 2 mesin produksi yang dapat menghasilkan keramik ubin hingga 109.589 m²/hari atau 40.000.000 m²/tahun. Bahan baku yang digunakan sebagai komposisi badan keramik berupa tanah liat sebesar 28.000 ton/bulan, *feldspar* 32.000 ton/bulan dan *dolomite* 3.000 ton/bulan. Bahan penolong berupa *engobe* sebesar 2.220 ton/bulan, *glaze* 1.200 ton/bulan dan tinta 51 ton/bulan. Penggunaan air yang besar dapat meningkatkan volume limbah cair yang dihasilkan (6) pada pabrik ini digunakan air sebesar 15.848 L/bulan dengan pembagian 91,88% untuk operasional produksi, 6,98% untuk kebutuhan domestik dan 1,14% untuk menyiram tanaman di pabrik. Pabrik ini telah menerapkan produksi bersih pada beberapa unit dan limbahnya, seperti untuk *waterglass* yang dihasilkan akan digunakan kembali sebagai air campuran di *ball mill*. *Waterglass* merupakan air sisa proses produksi atau air sisa proses *cleaning* dari suatu unit sehingga dinyatakan

sebagai limbah cair karena termasuk air kotor yang sebenarnya dapat dimanfaatkan kembali kecuali untuk proses *cleaning* dan konsumsi (7). Walaupun telah diterapkan produksi bersih masih belum merata penerapannya sehingga masih dihasilkan limbah atau loss pada beberapa bagian produksi yang berpengaruh pada perusahaan, lingkungan dan kualitas produk yang dihasilkan (8). Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penerapan produksi bersih yang telah dilakukan serta menentukan opsi lain yang dapat diterapkan untuk memaksimalkan proses produksi (9), mengurangi limbah yang dihasilkan dan mengurangi biaya penanganan limbah pada pabrik keramik ini (10).

2. Metode

Metode penelitian yang digunakan berupa metode *quick scanning* terhadap keseluruhan proses produksi pada industri keramik ini (11). Metode *quick scanning* merupakan pengamatan secara langsung proses produksi dan mengidentifikasi aliran material *input-output* dari seluruh unit yang ada serta menganalisa limbah yang dihasilkan dari seluruh unit dan bagaimana proses pengolahan limbah tersebut (12). Untuk mengetahui jumlah *input* dan *output* dari setiap proses produksi dilakukan wawancara dengan penanggungjawab (SPI / HOD) masing-masing unit. Beberapa pertanyaan yang diajukan saat wawancara, yaitu

1. Berapa *input* dan *output* yang masuk ke unit
2. Berapa banyak limbah yang dihasilkan
3. Bagaimana pengelolaan dan pengolahan limbah yang telah dilakukan
4. Energi apa saja yang digunakan pada unit tersebut
5. Apakah terdapat hal-hal yang dapat dimaksimalkan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi

Setelah didapatkan data dari hasil wawancara tersebut maka akan dilakukan penyusunan opsi – opsi penerapan produksi bersih yang akan diterapkan (13). Kemudian dilakukan penyusunan bobot dari aspek ekonomi, SDM dan lingkungan apabila produksi bersih tersebut diterapkan di pabrik dengan bantuan Ketua HSE selaku pihak ahli yang bertanggungjawab atas pengolahan dan pengelolaan limbah di pabrik keramik tersebut. Setelah didapatkan bobot setiap aspeknya, akan dilakukan wawancara dengan penanggungjawab dari unit-unit terkait untuk memberikan penilaian dari setiap aspek apabila produksi bersih tersebut diterapkan di unitnya dari nilai 1 – 10 dengan semakin menguntungkan penerapan produksi bersih tersebut maka nilainya akan semakin besar. Nilai-nilai tersebut akan diolah menggunakan Metode Perbandingan Eksponensial (MPE) yang dinilai dapat mengurangi bias

saat melakukan analisis dikarenakan nilai skor yang dihasilkan dapat menggambarkan urutan prioritas (14). Berikut merupakan persamaan Metode Perbandingan Eksponensial (MPE) :

$$\text{Total nilai (TN}_i) = \sum_{j=1}^m (RK_{ij})^{TKK_j}$$

Dengan :

TN_i : Total nilai alternatif ke – i

RK_{ij} ; Derjat kepentingan relatif kriteria ke – j pada pilihan keputusan i

TKK_j : Derajat kepentingan kriteria keputusan ke – j ; TKK_j > 0 ; bulat

n : Jumlah pilihan keputusan

m : Jumlah kriteria keputusan

Nilai yang didapatkan dari MPE akan ditentukan skala prioritas penerapannya seperti yang tertera pada Tabel 1, maka semakin besar nilai MPE yang dihasilkan akan sangat penting juga penerapannya sehingga semakin diprioritaskan penerapannya.

Tabel 1. Tingkat Prioritas Opsi Produksi Bersih

Skala	Keterangan
1	Tidak Penting
2	Penting
3	Sangat Penting

Sumber : Marimin dan Maghfiroh, 2018 (15)

3. Hasil Penelitian

3.1 Hasil Pengamatan Tahapan Produksi dan Penggunaan Energi

Setelah dilakukan *quickscanning* pada setiap proses produksi di pabrik dan wawancara dengan penanggung jawab setiap prosesnya, didapatkan bahwa pada pabrik ini terdapat 11 tahapan proses produksi yang dibagi dalam 4 tahapan utamanya. Tahapan utama yang dimaksudkan yaitu tahapan body preparation (*incoming material, feeder box, ball mill, spray dryer, body press* dan *horizontal dryer*), pengglasiran (*glaze preparation, glaze application* dan *digital printing*), pembakaran (*kiln*) dan pengemasan (*sorting, packing* dan *cutting*). Proses produksi dilakukan 24 jam *non-stop* sehingga mesin-mesin besar yang digunakan dalam proses produksi akan terus menyala.

Pada tahapan body preparation, bahan baku seperti tanah liat, feldspar dan dolomit yang dikirimkan dari distributor akan dimasukkan ke bagian *incoming material* untuk dilakukan penyimpanan bahan baku. Saat proses produksi dimulai akan dilakukan pencacahan bahan baku di *feeder box* agar tidak ada batuan atau gumpalan bahan baku yang masuk sehingga menghambat proses pencacahan mesin. Setelah ukuran bahan baku menjadi lebih kecil akan dialirkan ke *ball mill* menggunakan konveyor, pada *ball mill* akan ditambahkan air dengan

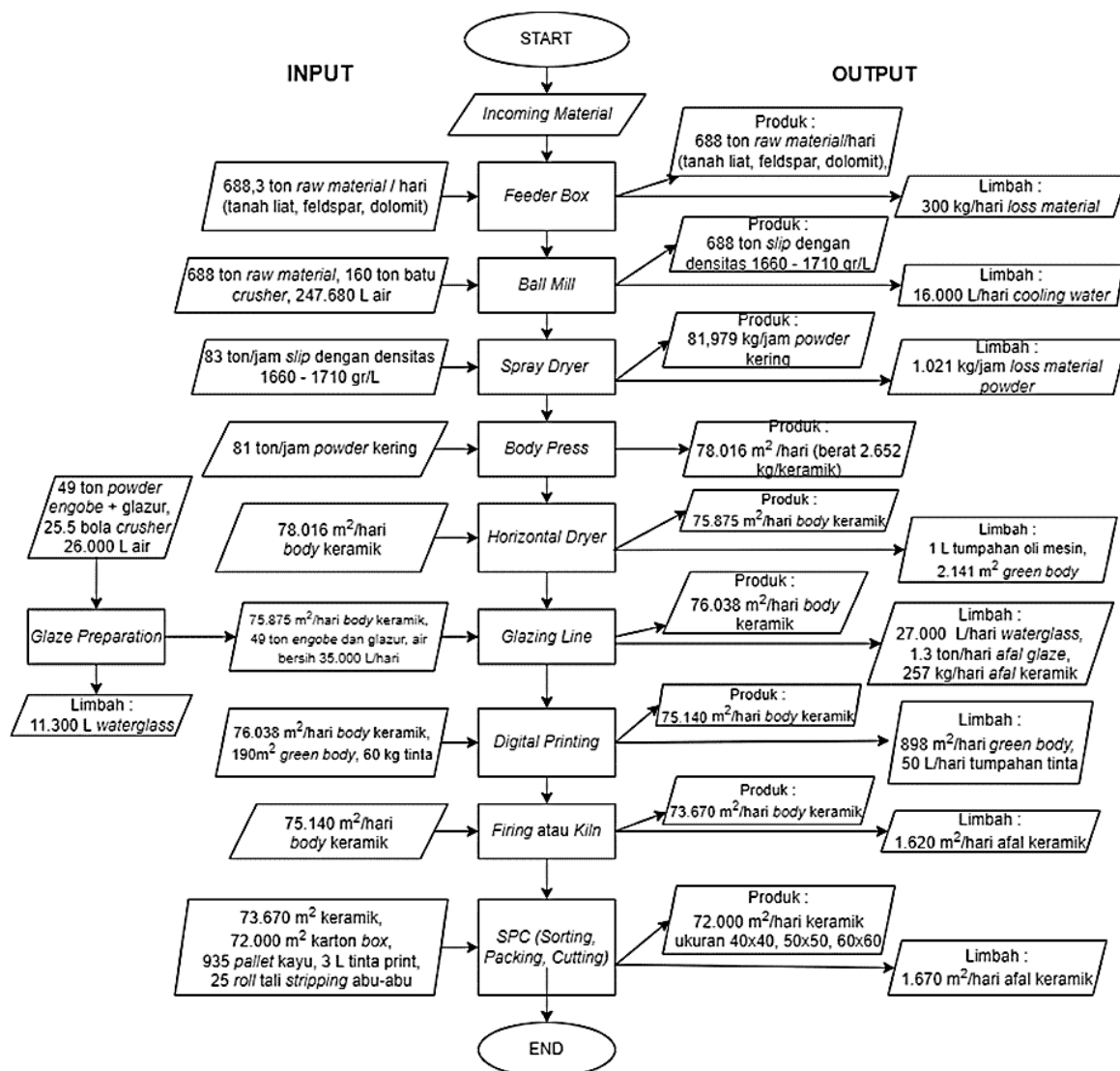
kapasitas 36% dari total material yang dimasukkan sehingga untuk setiap proses produksinya akan berbeda-beda jumlah air dan material yang digunakan sesuai dengan kebutuhan produksi pada saat itu. *Output* dari *ball mill* yaitu *slip* atau campuran dari bahan baku dan air dengan densitas 1660 – 1710 gr/L yang langsung dialirkan ke *slip tank*, setelah dari *slip tank* secara otomatis akan masuk ke *spray dryer*. *Spray dryer* yang ada di pabrik ini berjumlah 2 dengan kapasitas 35 ton/jam dan 40 ton/jam yang berfungsi untuk mengubah *slip* yang berbentuk seperti lumpur menjadi *powder* kering dengan ukuran partikel antara 120 – 600 μm yang secara otomatis akan dialirkan ke silo-silo (tempat penampungan sementara *powder* kering yang berfungsi untuk menghomogenkan suhu *powder* tersebut) yang berkapasitas 182 ton/silo. *Powder* dari silo akan secara otomatis masuk ke mesin *body press*, pada pabrik ini terdapat 10 mesin *press* yang digunakan, setiap mesin tersebut dapat menghasilkan 4 keramik dalam sekali cetak dengan *cycle press* per menit yaitu 12,6 dengan standar berat satu keramik yang dihasilkan sebesar 2,680 – 2,690 kg. Kemudian badan keramik yang telah terbentuk akan masuk ke unit *horizontal dryer* yang berfungsi untuk mengeringkan atau mengurangi kadar air badan keramik dari *press* sebelum masuk ke *glaze*.

Setelah melalui tahapan *body preparation*, maka badan keramik akan masuk ke tahapan pengglasiran yang terdiri dari *glaze preparation* yaitu pembuatan lapisan glasir (lapisan tipis yang melapisi bagian permukaan atas keramik untuk melindungi badan keramik dan memberikan nilai estetika pada keramik tersebut) kemudian akan dilakukan pengglasiran atau pemberian lapisan glasir pada bagian *glaze application* dan diberikan motif atau warna sesuai permukaan pada keramik di bagian digital printing. Kemudian badan keramik yang telah melalui tahapan pengglasiran dan telah diberikan motif, akan masuk ke tahapan pembakaran di bagian *kiln*. *Kiln* merupakan unit yang digunakan untuk proses pembakaran keramik dengan suhu tinggi yang berguna untuk membentuk, mengeringkan dan mengerasakan keramik hingga menjadi produk akhir keramik yang kuat dan tahan lama. Pada akhir proses pembakaran, produk keramik akan mengalami sintering, yaitu proses di mana partikel-partikel bahan keramik menyatu menjadi struktur yang padat dan keras. Hasil akhirnya adalah produk keramik yang memiliki kekuatan, kekerasan, ketahanan terhadap suhu, dan sifat-sifat lain yang diinginkan.

Setelah melalui proses pembakaran dan pendinginan di kiln, maka keramik yang telah jadi tersebut akan masuk ke tahapan pengemasan di bagian SPC (*Sorting, Packing, Cutting*) Pada tahap pemilahan akan dilakukan pemisahan dan pengelompokan produk keramik berdasarkan kriteria tertentu, seperti ukuran, warna, tekstur atau desain. Setelah produk

keramik diurutkan, tahap selanjutnya adalah pengemasan yaitu proses membungkus dan melindungi produk keramik dengan karton *box* kemudian akan disusun dalam *pallet* kayu untuk memudahkan saat proses distribusi. Pemotongan dilakukan menggunakan peralatan pemotong yang sesuai dengan mesin pemotong keramik yang bertujuan untuk mendapatkan produk keramik dengan ukuran atau bentuk yang diinginkan, sesuai dengan spesifikasi desain atau kebutuhan pelanggan apabila terdapat produk keramik yang tidak sesuai.

Hasil dari metode *quicksampling* dan wawancara dengan penanggung jawab setiap tahapan produksi yaitu didapatkannya aliran produksi yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Aliran Material Pada Tahapan Produksi Keramik Pabrik Keramik Lokasi Penelitian

Pada salah pabrik keramik di Mojokerto ini menggunakan energi dan bahan bakar yaitu listrik, genset, gas alam, cangkang sawit dan solar. Berikut penggunaan energi dan transportasi pada pabrik keramik ini, yaitu

Tabel 2. Penggunaan Energi Pabrik Keramik Lokasi Penelitian

No	Jenis Energi	Kapasitas	Satuan	Sumber
1	Listrik	11	MVA	PLN
2	Genset	1.110	KVA	Diesel
3	Gas Alam	126.001 - 182.002	MMBTU/bln	PGN & Indogas
4	Cangkang Sawit	40	Ton/hari	Sawit Lokal
5	Solar	24.000	Liter	BBM Industri

Sumber : Data UKL-UPL Pabrik Keramik Lokasi Penelitian

Tabel 3. Transportasi yang Digunakan

No	Nama Transportasi	Jumlah Transportasi	Penggunaan di Area	Penggunaan Solar (unit)
1	<i>Excavator</i>	1 unit	Penyimpanan Bahan Baku	2175 / bulan
2	<i>Wheel Loader</i>	2 unit	Penyimpanan Bahan Baku	1915 / bulan
3	<i>Forklift</i>	23 unit	Penyimpanan Bahan Baku, Produksi, <i>Finish Good</i>	236 / bulan
4	Sepeda <i>Internal Pabrik</i>	34 unit	Di Seluruh Area Pabrik (Penyimpanan Bahan Baku – <i>Finish Good</i>)	-
5	<i>Truck</i>	20 – 35 <i>truck/hari</i>	Penyimpanan Bahan Baku, Pengiriman Hasil Produksi	± 0.35 liter/km

Sumber : Hasil Wawancara dengan Penanggungjawab Setiap Tahapan Produksi

3.2 Pengamatan Limbah yang Dihasilkan

Berdasarkan hasil wawancara dengan penanggung jawab setiap Pada proses produksi di salah satu pabrik keramik lokasi penelitian menghasilkan berbagai jenis limbah, yaitu

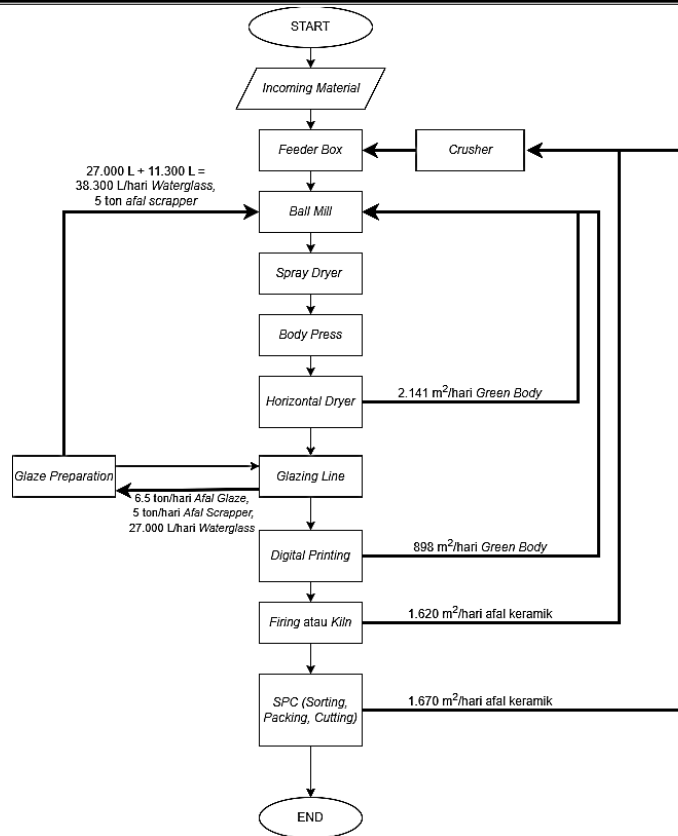
Tabel 3. Limbah yang Dihasilkan dari Proses Produksi di Pabrik Keramik Mojokerto

Jenis Limbah	Proses Produksi	Nama Limbah	Jumlah Limbah
Limbah Padat	<i>Feeder Box</i>	<i>Loss Material Raw Material</i>	300 kg / hari
	<i>Spray Dryer</i>	<i>Loss Material Powder Kering</i>	1.021 kg / jam
	<i>Horizontal Dryer</i>	<i>Green Body</i>	2.141 m ² / hari
	<i>Digital Printing</i>	<i>Green Body</i>	898 m ² / hari
	<i>Kiln</i>	<i>Afal Keramik</i>	1.620 m ² / hari
	<i>SPC</i>	<i>Afal Keramik</i>	1.670 m ² / hari
Limbah Cair	<i>Ball Mill</i>	<i>Cooling Water</i>	16.000 L / hari
	<i>Glazing Line</i>	<i>Waterglass</i>	27.000 L / hari
		<i>Afal Glaze</i>	1.3 ton / hari
		<i>Afal Scrapper</i>	257 kg / hari
Limbah B3	<i>Glaze Preparation</i>	<i>Waterglass</i>	11.300 L / hari
	<i>Horizontal Dryer</i>	<i>Tumpahan Oli Mesin</i>	1 L / hari
	<i>Digital Printing</i>	<i>Tumpahan Tinta</i>	5 L / hari

3.3 Produksi Bersih yang Telah Diterapkan Perusahaan

Hasil wawancara dengan penanggungjawab di setiap tahapan proses produksi didapatkan bahwa terdapat beberapa jenis limbah yang dihasilkan oleh pabrik setiap harinya seperti yang tertera pada Tabel 3. Limbah yang dihasilkan tersebut telah dilakukan pengolahan dan penggunaan kembali di beberapa bagian, yaitu

- Limbah *green body* (badan keramik yang belum melalui proses pembakaran) akan digunakan kembali sebagai campuran bahan baku di *ball mill*
- Limbah *afal keramik* (badan keramik yang sudah melalui proses pembakaran, sifatnya keras dan padat) apabila terdapat *defect* atau ketidaksesuaian dengan standar akan diberikan opsi untuk *downgrade* agar tetap memiliki nilai jual. Sedangkan afal yang memiliki *defect* parah atau pecah, dapat langsung di *crusher* atau dihancurkan kemudian digunakan sebagai tambahan komposisi *body* keramik (16).
- Limbah *afal scrapper* yang dihasilkan dari sisa glasir di bagian *glaze line* yang hanya mengandung 20% *engobe* sehingga akan digunakan kembali sebagai campuran bahan baku di *ball mill*
- Limbah *afal glaze* yang dihasilkan dari jatuhnya glasir di bagian *glaze line* yang mengandung 80% *engobe* akan digunakan kembali sebagai campuran komposisi glasir di *glaze preparation*
- Limbah *waterglass* yang dihasilkan dari proses *cleaning area* di bagian *ball mill*, *glaze preparation* dan *glaze line* akan dialirkan kembali sebagai campuran air untuk pembuatan badan keramik dan glasir di bagian *ball mill* dan *glaze preparation*



Gambar 2. Aliran Produksi Bersih yang Telah Diterapkan

4. Pembahasan

Setelah didapatkan nilai *input*, *output* dan produk di setiap tahapan produksi, jenis limbah yang dihasilkan dan bagaimana pengolahannya selama ini dari proses wawancara dengan metode *quickscanning* keseluruhan proses produksi maka dapat dilakukan penyusunan opsi penerapan produksi bersih yang dapat diterapkan untuk memaksimalkan penggunaan limbah yang ada dan mengurangi pembentukan limbah baru

Tabel 4. Opsi Penerapan Produksi Bersih di Pabrik Keramik Lokasi Penelitian

Metode	Aktivitas
<i>Good Housekeeping</i>	Pembersihan <i>loss material</i> menggunakan <i>vacum</i> Pengalihfungsian input air bersih dari <i>dust collector</i> ke <i>ball mill</i>
<i>Reuse</i>	Penggunaan kembali tumpahan oli dari <i>gear box horizontal dryer</i>
<i>Recycle</i>	Pengubahan <i>konveyor belt</i> bekas menjadi <i>cover konveyor</i> dari <i>feeder box</i> ke <i>ball mill</i>
Pencegahan (<i>Elimination</i>)	Pemasangan dinding penyekat pada <i>glaze line</i> atau <i>glaze application</i>
Modifikasi Proses	Pembuatan <i>stirrer</i> untuk mengolah <i>loss material powder</i> di <i>spray dryer</i> dengan <i>cooling water</i> menjadi <i>slip</i>

Opsi penerapan produksi bersih yang telah direkomendasikan pada Tabel 4 berfungsi untuk meningkatkan efisiensi produktivitas dan tanpa meninggalkan prinsip produksi bersih yang telah dilakukan, yaitu

1. Pada proses *cleaning* di area *body preparation*, bagian atas *horizontal dryer* dan bagian atas *kiln* diharapkan menggunakan *vacuum* bukan menggunakan sapu, karena dapat menyebabkan debu *powder* terangkat sehingga menutupi pandangan dan menyebabkan *Chronic Non Specific Respiratory Diseases (CNSRD)* seperti asma, dan bronchitis (17). Apabila proses *cleaning* di bagian atas kiln atau HD dapat menyebabkan debu atau kotoran akan menempel pada keramik dalam tahap pengglasiran yang dapat mengakibatkan *defect* kotoran *powder*
2. Pengalihfungsian air yang dialirkan ke *dust collector* pada *spray dryer* sebaiknya dialirkan ke *ball mill* sebagai tambahan komposisi air, karena di *dust collector* tidak membutuhkan aliran air (18). Prinsip kerja *dust collector* yaitu material keramik yang berterbangan hasil dari proses produksi akan dihisap oleh *blower* kemudian dimasukkan ke dalam *dust collector*, lalu material keramik yang telah bercampur dengan udara akan mengalir ke bawah karena adanya gaya sentrifugal dan gaya gravitasi bumi (19)
3. Penggunaan kembali tumpahan oil dari *gear horizontal dryer* dengan membuat titik pengumpulan oil setiap 3m *horizontal dryer* lalu dipasang wadah tertutup dan diambil secara berkala untuk digunakan kembali untuk oli mesin atau oli sepeda internal pabrik(20). Apabila tumpahan oli tersebut jatuh ke tanah maka dapat mencemari tanah, sehingga perlu dilakukan pemulihan kondisi tanah salah satunya dengan cara biologi seperti teknik bioremediasi dengan bantuan bakteri (21)
4. Banyaknya sampah domestik berupa *konveyor belt* bekas hingga 4420 kg pada bulan Maret 2023 dapat dilakukan penggunaan kembali menjadi *cover konveyor* untuk mengurangi material jatuh saat proses perpindahan material dari *feeder box* ke *ball mill* dengan konveyor. Sampah domestik merupakan seluruh bahan, benda atau produk yang dihasilkan dari sisa proses produksi yang dilakukan oleh manusia (22)
5. Pemasangan dinding penyekat pada area glaze line untuk mengurangi *defect* kotoran *powder* atau debu yang dihasilkan, dikarenakan terdapat 0.65% *defect* kotoran *powder* yang dihasilkan. Dengan di beri penyekat, maka *powder* yang berterbangan akan terhalang sehingga yang masuk ke bagian *glaze line* akan berkurang (23)

6. Pembuatan dan pemasangan tangki stirrer untuk mengolah *loss material powder* dari *spray dryer* dengan ditambahkan dengan *cooling water* dari *ball mill*. Kemudian dengan kecepatan tertentu akan digiling sehingga dapat menghasilkan *output* dengan densitas yang sesuai dengan densitas *slip*. Pemasangan mesin ini dapat memperpendek proses produksi dan mengurangi banyaknya *loss material* yang dihasilkan (24)

Tabel 5. Skala Prioritas Penerapan Potensi Bersih Menggunakan Metode MPE

Alternatif Produksi Bersih	Lokasi Penerapan	Kriteria			Nilai MPE	Tingkat Prioritas
		Aspek Ekonomi (0,5)	Aspek SDM (0,3)	Aspek Lingkungan (0,2)		
Pembersihan <i>loss material</i> menggunakan <i>vacum</i>	<i>Body Preparation, Kiln, HD dan Glaze</i>	8	4	9	5,896	2
Pengalihfungsian input air bersih dari <i>dust collector</i> ke <i>ball mill</i>	<i>Ball Mill</i>	7	7	7	5,914	2
Penggunaan kembali tumpahan oli dari <i>gear box horizontal dryer</i>	<i>Horizontal Dryer</i>	8	3	6	5,645	2
Pengubahan <i>konveyor belt</i> bekas menjadi <i>cover konveyor</i> dari <i>feeder box</i> ke <i>ball mill</i>	<i>Feeder Box – Ball Mill</i>	8	8	8	6,210	3
Pemasangan dinding penyekat pada <i>glaze line</i> atau <i>glaze application</i>	<i>Glaze Line</i>	3	6	7	4,920	1
Pembuatan <i>stirrer</i> untuk mengolah <i>loss material powder</i> di <i>spray dryer</i> dengan <i>cooling water</i> menjadi <i>slip</i>	<i>Spray Dryer</i>	10	8	9	6,580	3

Setelah didapatkan opsi penerapan produksi bersih yang dapat direkomendasikan, maka akan dilakukan diskusi terkait penentuan bobot untuk kriteria penilaian MPE yaitu aspek ekonomi, aspek SDM dan aspek lingkungan dengan Ketua HSE pabrik selaku pihak ahli yang bertanggung jawab terhadap pengelolaan limbah pabrik. Hasil dari diskusi tersebut didapatkan bahwa aspek ekonomi berbobot 0,5 karena setiap perusahaan akan berupaya meningkatkan pemasukan dan meminimalisir pengeluaran, aspek sumber daya manusia berbobot 0,3 karena pada pabrik ini terdiri dari pekerja dengan perilaku, etos kerja dan cara pandang yang berbeda-beda sehingga respon terhadap berubahnya arahan kerja atau bertambahnya beban kerja tidak semuanya dapat dengan cepat mengikuti serta untuk aspek lingkungan berbobot (0,2) karena dari sudut pandang industri tidak terlalu berdampak terhadap banyaknya limbah yang dihasilkan selama jumlahnya tidak melebihi standar yang ditetapkan. Syarat untuk total keseluruhan bobot pada MPE ini adalah 1 (25).

Setelah ditentukan bobot setiap aspek kriterianya maka akan dilakukan wawancara kembali dengan penanggungjawab dari tahapan yang diberikan opsi pengimplementasian penerapan produksi bersih tersebut dan didapatkan nilai seperti yang tertera pada Tabel 5.

Kemudian dilakukan perhitungan nilai MPE dan didapatkan nilai MPE yang tertera di Tabel 5, sehingga dapat dilakukan pengurutan skala penerapan produksi bersih dengan dibagi menjadi 3 tingkatan seperti pada Tabel 1 yaitu nilai MPE 4,920 memiliki skala 1 atau tidak penting, nilai MPE 5,896; 5,914 dan 5,645 memiliki skala 2 atau penting dan nilai MPE 6,210 dan 6,580 memiliki skala 3 atau sangat penting.

5. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa menggunakan metode quickscanning dan wawancara dengan penanggung jawab setiap tahapan proses produksi di pabrik, didapatkan bahwa limbah yang secara regular dihasilkan di pabrik ini yaitu *loss raw material*, *loss powder kering*, *green body*, *afal keramik*, *cooling water*, *waterglass*, *afal scrapper*, *afal glaze*, tumpahan oli mesin dan tumpahan tinta. Telah dilakukan penggunaan kembali limbah *green body*, *afal keramik*, *afal scrapper*, *afal glaze* dan *waterglass*, akan tetapi limbah lainnya belum dimanfaatkan secara maksimal sehingga dilakukan analisis terkait penerapan produksi bersih ini untuk memaksimalkan penggunaan limbah yang ada, meminimalisir terjadinya limbah dan mengefisienkan produktivitas produksi. Didapatkan rekomendasi penerapan produksi bersih dan dilakukan analisa dengan Metode Perbandingan Eksponensial (MPE) didapatkan bahwa metode *good housekeeping* (pembersihan *loss material* menggunakan *vacuum* dan pengalihfungsian *input* air bersih dari *dust collector* ke *ball mill*) mendapatkan nilai MPE 5,896 dan 5,914 memiliki skala 2 atau penting, metode *reuse* (penggunaan kembali tumpahan oli dari *gear box horizontal dryer*) mendapatkan nilai MPE 5,654 memiliki skala 2 atau penting, metode *recycle* (pengubahan *conveyor belt* bekas menjadi *cover konveyor* dari *feeder box* ke *ball mill*) mendapatkan nilai MPE 6,210 memiliki skala 3 atau sangat penting, metode pencegahan (pemasangan dinding penyekat pada *glaze line* atau *glaze application*) mendapatkan nilai MPE 4,920 memiliki skala 1 atau tidak penting dan modifikasi proses (pembuatan *stirrer* untuk mengolah *loss material powder* di *spray dryer* dengan *cooling water* menjadi *slip*) mendapatkan nilai MPE 6,580 memiliki skala 3 atau sangat penting.

Daftar Pustaka

1. Astuti ND. Pengelolaan Dan Pemanfaatan Limbah Keramik Bayat Sebagai Alternatif Material Produk Kerajinan Tangan. *Ekspresi Seni*. 2018;20(2):88.
2. Rumintang A, Sholichin I, Pengajar S, Teknik J, Upn S, Timur VJ. Perilaku Variasi Limbah Lumpur Padat Industri Keramik Terhadap Kuat Tekan Hancur, Porositas Dan

Sifat Tampak Batako.

3. Paramitadevi YV, Nofriana R, Yulisa A. Penerapan Produksi Bersih Dalam Upaya Penurunan Timbulan Limbah Cair Di Pabrik Gula Tebu. *J Presipitasi Media Komun dan Pengemb Tek Lingkung*. 2017;14(2):54.
4. Ma M, Sukarti K, Purnamasari E, Sulistianto E. Ma ' ruf et a l . Penerapan produksi bersih pada industri pengolahan terasi skala rumah tangga di Dusun Selangan Laut Pesisir Bontang (Application cleaner production options on fermented shrimp processing industry in household scale in Selangan Laut , Bo. 2022;1(1):84–93.
5. Zakiyah LF. Produksi Bersih Pada Home Industri Dalam Rangka Pengendalian Pelestarian Lingkungan. *J Green Growth dan Manaj Lingkung*. 2021;9(2):86–91.
6. Ratnawulan A, Noor E, Suptijah P. Pemanfaatan Kitosan dalam Daur Ulang Air sebagai Aplikasi Teknik Produksi Bersih. *J Pengolah Has Perikan Indones*. 2018;21(2):277.
7. Nadya Y, Yusnawati, Handayani N. Analisis Produksi Bersih di UKM Pengolahan Tahu di Gampong Alue Nyamok Kec. Birem Bayeun Kab. Aceh Timur. *J Teknol [Internet]*. 2020;12(2):133–40. Available from: <https://dx.doi.org/10.24853/jurtek.12.2.133-140>
8. Ariyanti M, Purwanto P, Suherman S. Analysis of Cleaner Production Implementation for Greening Nata de Coco Industry. *J Ris Teknol Pencegah Penemaran Ind*. 2014;5:45–50.
9. Kharismawati D, Indrasti NS, Suprihatin S. Strategi Implementasi Produksi Bersih untuk Meningkatkan Kinerja Industri Gondorukem (Studi Kasus Nagreg Jawa Barat). *J Apl Manaj*. 2016;14(4):705–13.
10. Novita E, Purbasari D, Andiananta Pradana H. the Application of Cleaner Production in Wulan Coffee Agroindustry Maesan Sub District Bondowoso Regency. *J Tek Pertan Lampung [Internet]*. 2021;10(2):263–73. Available from: <http://dx.doi.org/10.23960/jtep-l.v10.i2.263-273>
11. Wicaksana B, Utomo TP, Warji W, ... Analisis Quick Scan Pada Proses Produksi Sari Lemon Untuk Menghasilkan Opsi Penerapan Produksi Bersih. *J Agroindustri ... [Internet]*. 2022;1(1):91–8. Available from: <https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JAB/article/view/5635>
12. Djayanti S. Study of the Application of Cleaner Production in the Tofu Industry in Jimbaran, Bandungan, Central Java. *J Ris Teknol Pencegah Pencemaran Ind*. 2015;6(2):75–80.
13. Hasianny S, Noor E, Yani M. Penerapan Produksi Bersih Untuk Penanganan Air Terproduksi Di Industri Minyak Dan Gas. *J Pengelolaan Sumberd Alam dan Lingkung (Journal Nat Resour Environ Manag [Internet]*. 2015;5(1):25. Available from: <https://jurnal.ipb.ac.id/index.php/jpsl/article/view/10193>
14. Devianto Y, Dwiasnati S. Aplikasi Pengambilan Keputusan Indeks Kepuasan Masyarakat Dengan Metode Perbandingan Eksponensial (MPE) Pada Unit Pelayanan Masyarakat Dengan Alat Microcontroller Sebagai Alat Bantu Survey. *J Ilm FIFO*. 2018;10(1):13.
15. Indrasti NS, Fauzi AM. *Produksi Bersih 1*. Pdf. 2009.
16. Habibi I, Sumarji, Yudha GN. *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*. *G-Tech J Teknol Terap*. 2022;6(2):100–9.
17. Haryo Putro RK, Amalia A, Hendrasarie N. Pengaruh Luas Ruang Terbuka Hijau

- Terhadap Penurunan No₂ Berdasarkan Nilai Total Kolom Citra Satelit Gome 2 Metop-B. *J Envirotek*. 2021;13(2):108–13.
18. Karunia A, Santoso E, Aditya D. Perancangan Dust Collector System untuk Proses Buffing. *Proc Conf Des Manuf Eng its Appl*. 2017;116–20.
 19. Rahman M, Syam R, Jalaluddin. Re-Desain Dust Collector dengan Cyclone System Untuk Pabrik Semen. *Semin Nas Tah Tek Mesin V Univ Indones*. 2006;(November):21–3.
 20. Huang Y, Luo J, Xia B. Application of cleaner production as an important sustainable strategy in the ceramic tile plant-a case study in Guangzhou, China. *J Clean Prod* [Internet]. 2013;43:113–21. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.013>
 21. Hendrasarie N. Dengan Metoda Biopile Bioremediation of Kerosene Contaminated Land Using Biopile Method. *Purifikasi*. 2011;12:29–38.
 22. Putra RK, Hendrasarie N. Evaluasi Perbandingan Gas Buang Hasil Pengolahan Sampah Domestik Menggunakan Teknologi Termal. 2023;VIII(3):6280–8.
 23. Wati AF, Erwan EY, Azizah N, PamelaJurdilla. Analisis Industri Keramik di Indonesia. *Tek Kim*. 2019;1–18.
 24. Widodo L. Potensi Penerapan Konsep Produksi Bersih Pada Industri Keramik di Probolinggo. *J Teknol Lingkung*. 2017;18(2):192.
 25. Wardhani DR, Abdillah R. Pengambilan Keputusan Dengan Metode Perbandingan Eksponensial (Mpe) Dalam Manajemen Kedai. *Semnas Ristek*. 2018;(2004):1–6.