

Rekayasa Sistem Produksi Berkelanjutan Pada Agroindustri Tapioka

Diah Pramestari¹, Henni², Hendri Wijaya³

Teknik Industri, Universitas Persada Indonesia YAI, Jakarta^{1,2}

Teknik Industri Pertanian, Sekolah Pasca IPB University, Bogor^{1,2,3}

E-mail : mestadp@gmail.com¹, henni_bm@yahoo.com², hendri.wijaya@apps.ipb.ac.id³

ABSTRAK

Singkong merupakan salah satu komoditi perkebunan unggulan dari negara Indonesia. Seluruh bagian pada tanaman singkong ini dapat dimanfaatkan oleh masyarakat mulai dari daun sampai dengan batang singkong. Industri pengolahan singkong mulai berkembang seiring dengan jumlah kebutuhan dan permintaan produk yang bersumber dari tanaman singkong yang semakin meningkat. Permasalahan yang terjadi pada industri pengolahan singkong terutama agroindustri tapioka merupakan permasalahan terkait proses produksi yang kurang efisien dan penanganan limbah baik cair maupun padat hasil samping industri tapioka tersebut. Permasalahan dikaji lebih mendalam dengan studi lapangan ke salah satu industri tapioka dan studi literatur yang membahas penelitian sebelumnya pada berbagai industri tapioka. Pembahasan pada penelitian ini menghasilkan alternatif solusi permasalahan yaitu dengan melakukan rekayasa pada sistem produksi berkelanjutan ditinjau dari pada aspek ekonomi dan lingkungan. Rekayasa sistem produksi akan menghasilkan sistem produksi berkelanjutan yang lebih efektif dan efisien, mengurangi pemborosan dan meningkatkan nilai tambah.

Kata Kunci : rekayasa sistem, berkelanjutan, agroindustri tapioka

ABSTRACT

Singkong is a major agricultural commodity in Indonesia. The entire plant, from the leaves to the singkong stems, can be utilized by the community. As the number of needs and demand for crop-derived goods grows, so has the processing sector. The problem that happens in the food processing industry, particularly the tapioca agribusiness, is a problem related to the less efficient production process and the treatment of both liquid and solid waste as a result of the tapioca industry. The subject is thoroughly investigated through field studies in one of the tapioka businesses and literary research that interacts with previous research on other tapioka industries. The discussion on this research produces alternative solutions to the problem by doing engineering on the sustainable production system reviewed rather than on the economic and environmental aspects. Engineering production systems will result in a more efficient and sustainable production system, reducing waste and increasing added value.

Keywords : Engineering systems, sustainability, agribusiness tapioca

1. PENDAHULUAN

Salah satu negara penghasil singkong terbesar di dunia adalah Indonesia. Selain itu ada negara Nigeria, Kongo, Thailand dan Ghana. Produksi singkong Indonesia lebih dari 19 juta ton per tahun. Daerah penghasil singkong di Indonesia tersebar di 13 provinsi, dimana provinsi terbesar penghasil singkong tersebut adalah Lampung, Jawa Tengah, Jawa Timur, Jawa Barat dan Daerah Istimewa Yogyakarta.

Singkong merupakan tanaman yang telah ditetapkan oleh pemerintah Indonesia sebagai salah satu komoditi strategis bagi negara. Singkong diharapkan dapat mengangkat perekonomian rakyat, menunjang ketahanan pangan dan ketahanan energi. Singkong dapat mengangkat perekonomian rakyat karena singkong banyak ditanam secara luas oleh masyarakat sudah sejak lama serta produk olahan singkong banyak diusahakan oleh masyarakat.

Semua bagian dari tanaman singkong tanamannya dapat dimanfaatkan, sebagai contoh

pemanfaatan singkong di masyarakat adalah daun singkong digunakan sebagai bahan pembuat sayur, batangnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar, dan akar atau umbinya dapat digunakan sebagai bahan pangan baik secara langsung maupun olahan. Singkong merupakan sumber karbohidrat dimana dalam singkong mengandung kadar air 53,99%, lemak kasar 1,00 %, protein kasar 1,88 %, serat kasar 0,57 %, kadar abu 0,69 %, dan karbohidrat 46.87 % (Feliana, Laenggeng, & Dhafir, 2014)

Industri olahan singkong yang banyak diusahakan masyarakat adalah tapioka. Tapioka merupakan produk olahan dari ekstraksi singkong. Proses produksi singkong pada dasarnya terdiri dari 3 tahapan proses utama, yaitu persiapan, ekstraksi dan pengeringan pengepakan. Tahapan persiapan terdiri dari pencucian, pengupasan, dan pamarutan atau penggilingan. Tahap ekstraksi terdiri dari penyaringan dan sentrifugasi. Tahap pengeringan terdiri dari proses pengirangan, penirisan dan pengepakan.

Industri tapioka di Indonesia secara umum dibagi menjadi 3 skala, yaitu skala kecil, skala menengah dan skala industri. Industri tapioka berskala kecil menggunakan teknologi proses dan peralatan tradisional dengan kapasitas produksi sebesar 5 ton bahan baku per hari. Industri tapioka berskala menengah menggunakan teknologi proses dan peralatan tradisional dengan kapasitas produksi yang dihasilkan sekitar 20 - 200 ton bahan baku per hari. Industri tapioka berskala besar menggunakan teknologi proses dan peralatan secara canggih serta mempunyai kapasitas produksi di atas 200 ton bahan baku per hari.

Teknologi pengolahan tapioka terbagi menjadi dua yaitu pengendapan (sedimentasi) yang digunakan di industri skala kecil dan menengah dan proses *dewatering* dengan menggunakan *centrifugal separator*, yang digunakan dalam industri skala besar. Kelompok industri kecil masih menggunakan mesin secara sederhana dengan modal yang kecil dan tenaga yang banyak sehingga hanya menghasilkan kapasitas produksi rendah. Sedangkan, kelompok industri besar sudah menggunakan mesin yang kompleks dengan modal yang kuat dan tenaga kerja yang sedikit sehingga dapat memenuhi

target produksi dengan kapasitas yang besar (BAPEDAL, 1996)

Industri tapioka di lapang secara internal masih mempunyai permasalahan terutama yang terkait dengan produktivitas produksi dan hasil samping (limbah) yang dihasilkan. Permasalahan produktivitas terkait dengan efektifitas dan efisiensi. Efektifitas terkait dengan kualitas produk khususnya untuk industri kecil dan menengah yang kurang seragam. Permasalahan efisiensi terkait dengan perencanaan dan pengendalian produksi atau penggunaan sumber daya produksi (tenaga kerja, bahan baku, mesin, metode kerja, sumber energi dan modal) dan proses produksi yang masih belum sesuai. Permasalahan hasil samping yang dihasilkan terkait dengan limbah cair yang belum termanfaatkan dan masih dialirkan ke badan air. Untuk limbah pada biasanya industri telah mengolahnya yang dominan adalah dibuat menjadi onggok. Selain limbah cair terdapat permasalahan yang mungkin belum disadari yaitu emisi gas rumah kaca yaitu CO₂ yang juga perlu ditangani. Agroindustri tapioka ditinjau dari aspek rantai pasok adalah memiliki rantai pasok yang panjang dan melibatkan banyak pelaku

Permasalahan yang ada dalam pelaku dalam rantai pasok agroindustri tapioka adalah setiap pelaku tidak mendapatkan keuntungan yang merata (Tama, Yuniarti, Eunike, Azlia, & Hamdala, 2019). Agroindustri tapioka tidak memiliki kekonsistenan pasokan (Afifah, Adji, & Farida, 2021), permodalan (Salahudin, Wahyudi, Ulum, & Kurniawan, 2018), kelembagaan (Irawanto, Krisdiana, Wisnusubroto, & Newby, 2020), proses produksi yang masih boros (Ratnanengsih, Risyahadi, & Wijaya, 2020).

Permasalahan tersebut perlu ditangani dengan aliran informasi dan finansial antar pelaku yang harus dibangun sehingga terjadi pemerataan antar pelaku di sepanjang rantai pasok agroindustri tapioka. Solusi terhadap permasalahan juga diperlukan agar agroindustri tapioka memiliki daya saing yang tinggi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan rekayasa sistem produksi agroindustri tapioka secara berkelanjutan ditinjau dari aspek keuangan dan aspek lingkungan. Analisis solusi dilakukan melalui studi literatur dan pengamatan di lapangan. Rekomendasi diberikan untuk

membuat rekayasa sistem produksi berkelanjutan pada agroindustri tapioka.

2. LANDASAN TEORI

Pembangunan Berkelanjutan

Definisi pembangunan berkelanjutan menurut WCED (1987) adalah sebagai pembangunan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidup manusia saat ini, dengan tidak menurunkan atau menghilangkan kemampuan generasi yang akan datang untuk dapat memenuhi kebutuhan hidupnya. Definisi ini menggambarkan bahwa pemanfaatan berbagai bentuk sumberdaya dalam rangka pembangunan yang dapat meningkatkan kualitas hidup seluruh manusia, peningkatan ini perlu disertai dengan lahirnya kesadaran bahwa tindakan yang dilakukan saat ini menimbulkan konsekuensi dan resiko yang harus dipertimbangkan bagi semua wujud kehidupan dan generasi pada saat ini dan yang akan datang (Howarth, 2007). Menurut Harris, pembangunan berkelanjutan memiliki tiga pilar utama yang terdiri dari pilar atau dimensi ekonomi, sosial dan lingkungan (Harris, 2000). Agar kegiatan pembangunan dapat berkelanjutan maka idealnya manfaat dari pembangunan harus berkesinambungan dan dipertahankan secara terus menerus. Pembangunan harus memiliki unsur tujuan yang seimbang, baik secara ekonomi, sosial dan lingkungan.

Lean Production System

Prinsip *lean production system* berkembang berasal dari Jepang. Terminologi *lean production* mulai dikenal di akhir tahun 1980-an ketika *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) meneliti tentang industri otomotif global, yang fokusnya pada model Toyota Jepang untuk mendapatkan model praktik industri terbaik. Konsep *lean production* sendiri sebenarnya telah diimplementasikan setelah perang dunia kedua berakhir, yaitu pada saat industri Jepang mulai berpikir untuk mengubah model produksinya. Industri yang pertama menerapkan adalah perusahaan Toyota dan sistem yang digunakan pada saat itu dinamakan *Toyota Production System* (Ohno, 1998).

Lean production adalah sebuah filosofi produksi yang menekankan pada minimasi

jumlah penggunaan sumber daya dalam berbagai aktivitas perusahaan. *Lean production* juga didefinisikan sebagai pendekatan sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan atau aktivitas yang tidak menghasilkan nilai tambah melalui perbaikan berkelanjutan dengan mengalirkan produk sesuai kebutuhan konsumen untuk mendapatkan kesempurnaan. Tujuan dari diterapkannya *Lean production* adalah meningkatkan nilai produk dengan mengurangi terjadinya pemborosan (*waste*). Pemborosan dikurangi dengan memilah kegiatan yang menghasilkan nilai tambah (*value added / VA*) dan tidak menghasilkan nilai tambah (*non value added / NVA*) (Sundar, Balaji, & Kumar, 2014)

Lean production system terdiri dari lima prinsip yaitu nilai, aliran nilai, mengalir, tarik, dan kesempurnaan. Penjelasan lima kunci prinsip *lean* adalah sebagai berikut:

- 1) definisi nilai dari sisi konsumen dan kebutuhan konsumen dalam menentukan rantai nilai
- 2) rantai nilai adalah aktivitas yang diperlukan untuk menawarkan produk kepada konsumen dengan tingkat pemborosan terendah
- 3) produk diproduksi menggunakan aliran kontinyu, yang didorong hanya pada saat konsumen melakukan permintaan
- 4) produksi dilakukan dengan sistem tarik
- 5) atas dasar prinsip-prinsip yang disebutkan di atas dan penggunaan perbaikan terus-menerus (*kaizen*) atau perbaikan radikal (*kaikaku*), prinsip fundamental kelima tercapai, yaitu kesempurnaan (Calarge, Satolo, Pereira, & Diaz, 2012) (Lucato, Calarge, Loureiro, & Calado, 2014)

Terdapat tujuh pemborosan dalam *lean production* yaitu pergerakan, waktu tunggu, produksi berlebih, proses yang tidak diperlukan, produk cacat, persediaan berlebih dan transportasi. Penyebab terjadinya pemborosan dapat dilihat dari tenaga kerja, mesin dan bahan baku. Pemborosan pergerakan, waktu tunggu, produksi berlebih disebabkan oleh faktor manusia. Pemborosan produksi berlebih, proses yang tidak perlu dan produk cacat disebabkan oleh mesin. Pemborosan produk cacat, persediaan berlebih dan transportasi disebabkan oleh bahan baku (Rawabdeh, 2005)

Value Stream Mapping (VSM)

VSM merupakan konsep *lean manufacturing* yang memberikan gambaran seluruh kegiatan yang dilakukan oleh sebuah perusahaan. Pada VSM, pemborosan yang terjadi akan ditemukan dalam penggambaran *value stream* nya. Apabila pemborosan telah ditemukan maka *waste* tersebut harus dieliminasi. VSM digunakan untuk menggambarkan perbandingan kondisi yang ada (*current condition*) dengan kondisi setelah dilakukan rencana perbaikan.

5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, dan Shitsuke)

Penerapan 5S ini dapat meminimalkan kegiatan-kegiatan yang dapat memberikan nilai tambah terhadap lingkungan sekitar seperti menyiapkan peralatan dan bahan, mencari peralatan, menyimpan barang, dan lain-lain yang menjadikan kegiatan pelayanan menjadi efektif dan efisien.

- a. Seiri (Ringkas), berarti melakukan aktivitas dengan membedakan aktivitas yang tidak diperlukan dan aktivitas yang diperlukan, serta membuang yang tidak diperlukan. Slogan budaya kerja ringkas adalah membuang barang yang tidak diperlukan di perusahaan.
- b. Seiton (Rapi), berarti meletakkan benda di tempat yang tepat sesuai dengan tata letak yang benar yang telah ditentukan sehingga dapat meminimalisir atau bahkan menghilangkan waktu dalam proses pencarian apabila benda tersebut akan digunakan.
- c. Seiso (Resik), berarti aktivitas merapikan tempat kerja dengan menghilangkan sampah atau kotoran di tempat kerja dan peralatan kerja setelah dipakai.
- d. Seiketsu (Rawat), berarti aktivitas merawat tiga kegiatan diawal (Seiri, Seiton, Seiso). Untuk melakukan perawatan kegiatan tersebut diperlukan suatu standarisasi operasional kegiatan dalam bentuk SOP. Perawatan juga dapat dilakukan untuk berbagai fasilitas produksi.
- e. Shitsuke (Rajin), berarti budaya rajin atau disiplin melakukan pembiasaan 5S. Budaya Shitsuke ini memiliki tujuan untuk menanamkan dan meningkatkan kebiasaan melakukan pekerjaan dengan baik dan disiplin.

Life Cycle Assessment (LCA)

Life Cycle Assessment menurut ISO 14040 (1997) terdiri dari 4 tahapan yaitu penentuan penentuan tujuan dan ruang lingkup (*goal and scope*), analisis inventori (*inventory analysis*), penilaian dampak (*impact assessment*), serta intepretasi dan perbaikan (*intrepretetion and improvement*). Tahapan penentuan tujuan dan ruang lingkup dilakukan dengan cara menetapkan panduan dan batasan-batasan yang jelas dalam pelaksanaan penelitian. Tahapan analisis inventori dilakukan dengan cara menganalisis aliran massa dan energi dari daur hidup produk. Penilaian dampak bertujuan mengevaluasi dampak yang dihasilkan dari suatu kegiatan. Dampak yang telah dianalisis kemudian dilakukan validasi dan interpretasi. Hasil interpretasi dikembangkan untuk melakukan perbaikan proses agar diperoleh daur hidup terbaik. Daur hidup yang baik akan memberikan pengaruh positif seperti efisiensi energi dan reduksi emisi

3. METODOLOGI

Pengumpulan data, identifikasi dan analisis data dilakukan dengan dua cara, yaitu observasi lapangan dan studi literatur. Observasi lapangan dilakukan peninjauan langsung pada sebuah agroindustri tapioka sedangkan studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan literatur yang berkaitan dengan sistem produksi produk tapioka. Pembahasan aspek berkelanjutan dibatasi pada aspek ekonomi dan aspek lingkungan sedangkan aspek sosial tidak dikaji. Oleh karena itu studi literatur yang dikumpulkan berkaitan dengan referensi agroindustri tapioka dengan fokus bahasan aspek ekonomi dan lingkungan.

Pada aspek ekonomi akan dibahas mengenai nilai tambah, kelayakan ekonomi dan sistem produksi. Pendekatan sistem produksi menggunakan *lean production* dengan alat analisis *value stream mapping* dan 5S.

Pada aspek lingkungan akan dibahas mengenai pengolahan limbah cair, limbah padat dan pengukuran emisi CO₂ yang merupakan langkah atau tahapan LCA.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aspek Ekonomi

Perhitungan Nilai Tambah

Salah satu penelitian mengenai nilai tambah tapioka telah dilakukan pada industri tapioka di Desa Negaratengah Kecamatan Cineam Kabupaten Tasikmalaya (Herdiyandi, Rusman, & Yusuf, 2017). Obyek penelitian dipilih karena merupakan unit usaha tapioka dengan total nilai investasi yang paling tinggi di Kabupaten Tasikmalaya. Metode penghitungan nilai tambah yang digunakan adalah metode Hayami. Hasil perhitungan nilai tambah didapatkan sebesar Rp.662 per kg dengan total produksi yang dihasilkan sebesar 700 kg tapioka per sekali proses. Persentase nilai tambah yang didapatkan adalah sebesar 39%.

Penelitian lainnya yang melakukan perhitungan nilai tambah, dilakukan pada industri Tapioka di Toba Samosir dengan menggunakan metode Hayami (Tambun & Manik, 2020). Industri yang dijadikan obyek penelitian tersebut memiliki tingkat produksi sebesar 1000 ton per bulan. Nilai tambah yang dihasilkan adalah sebesar Rp 833,9 per kg. Persentase nilai tambah adalah sebesar 51 %.

Perhitungan Kelayakan Finansial

Perhitungan kelayakan finansial telah dilakukan pada beberapa penelitian (Zairina, Chumaidiyah, & Aurachman, 2015) (Safitri, 2016) (Amilia & Choiron, 2017) Perhitungan kelayakan finansial pada industri tapioka ini dilakukan pada tempat yang berbeda-beda. Penelitian Zairina menghitung kelayakan industri tapioka di industri yang berada di kampung pangkalan desa, Kecamatan Cisolok, Kabupaten Sukabumi. Produksi tapioka dihasilkan pada industri tersebut adalah 800 ton per tahun. Penelitian Safitri melakukan penelitian pada industri tapioka berlokasi di Desa Pogalan Kecamatan Pogalan Kabupaten Trenggalek. Kapasitas produksi adalah sebesar 420 ton per tahun. Sedangkan penelitian Amalia melakukan perhitungan analisis finansial pada industri tapioka di sentra industri tapioka di Kecamatan Pogalan Kabupaten Trenggalek 27,8 ton per tahun.

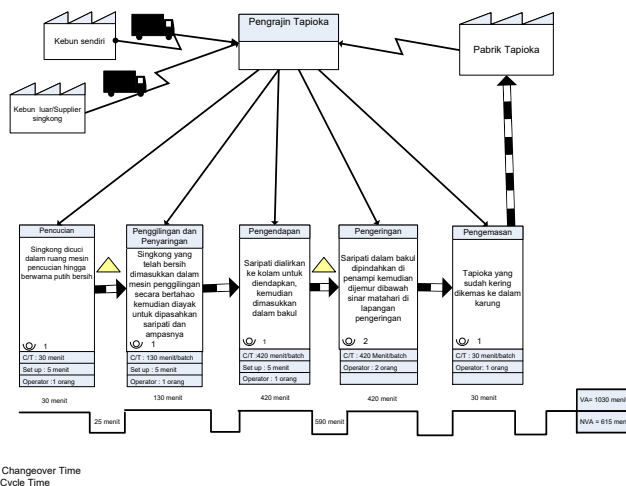
Hasil perhitungan kelayakan disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan pada perhitungan nilai tambah serta analisis kelayakan finansial industri tepung tapioka layak untuk dijalankan di berbagai tingkat kapasitas produksi yang ada. Hal tersebut menunjukkan bahwa industri tapioka memenuhi syarat keberlanjutan dari aspek ekonomi.

Tabel 1 Perhitungan Kelayakan Finansial Industri Tapioka

| Kriteria | Nilai | | |
|-----------------------|--------------------------|-------------|--------------------|
| | Zairina <i>et. al.</i> , | Safitri | Amalia dan Choiron |
| NPV (Rp) | 1.511.548.767 | 773.229.714 | 88.690.571,74 |
| IRR (%) | 26,1 | 50,56 | 54,98 |
| Net B/C | - | 4,43 | 2,82 |
| PBP (tahun) | 3,25 | 6,67 | < 1 |
| Bahan baku (kg/tahun) | 4.200.000 | 1.920.000 | 139.000 |
| Tapioka (kg/tahun) | 800.000 | 420.000 | 27.800 |

Perhitungan Sistem Produksi

Perbaikan sistem produksi dilakukan dengan menggunakan metode *lean production*. VSM dan 5S digunakan sebagai alat untuk mengimplementasikan *lean production* tersebut. Penggambaran proses produksi dalam VSM telah dilakukan pada industri UMKM tapioka di Kelurahan Cimahpar Kecamatan Bogor Utara (Ratnanengsih, Risyahadi, & Wijaya, 2020). Gambar 1 menunjukkan kondisi eksisting proses produksi industri tapioka tersebut.



Gambar 1 VSM Kondisi Eksisting Proses Produksi Tapioka

Dari gambar 1 terlihat bahwa pada kondisi eksisting, waktu kegiatan yang menghasilkan nilai tambah adalah sebesar 1030 menit dari total waktu proses produksi sebesar 1651 menit, sehingga terdapat waktu yang tidak memberikan nilai tambah sebesar 621 menit. Efisiensi proses produksi yang merupakan perbandingan kegiatan yang menghasilkan nilai tambah dengan waktu proses produksi adalah sebesar 62.38 %.

Berdasarkan pada VSM eksisting terdapat peluang untuk meningkatkan efisiensi dengan cara mengidentifikasi pemborosan yang muncul dalam kegiatan produksi tersebut. Oleh karena itu digambarkan analisis VSM terhadap kondisi eksisting seperti pada Gambar 2. Warna kuning yang terdapat pada gambar 2 memperlihatkan pemborosan yang dapat dieliminasi. Usulan eliminasi pemborosan ditemui pada setiap tahapan proses produksi tapioka. Terdapat 4 jenis pemborosan yang terdapat pada proses produksi tapioka yaitu pergerakan, waktu tunggu, proses dan produk cacat. Identifikasi jenis pemborosan dan rencana tindakan yang diperlukan dapat dilihat pada tabel 2.

perlu dilakukan untuk membuktikan akan adanya peningkatan efisiensinya.

Tabel 2 Jenis Pemborosan, Penyebab dan Rencana Perbaikan

| No. | Jenis Pemborosan | Pada proses | Penyebab | Perbaikan |
|-----|------------------|--------------|------------------------------------|--|
| 1 | Pergerakan | Pencucian | Operator masuk dalam bak pencucian | Menggunakan alat |
| | | Pengayakan | Tidak ada penampung ampas | Memberi wadah (karung) |
| 2 | Waktu tunggu | Penggilingan | Pisau tidak tajam | Jadwal perawatan dan penggantian pisau |
| | | pengendapan | Proses berakhir pada malam hari | Penjadwalan proses produksi |
| 3 | Proses | Pengeringan | Alami (matahari) | Menggunakan paket teknologi |
| 4 | Produk cacat | Pengemasan | Tercecer | SOP pemasangan tapioka ke karung |

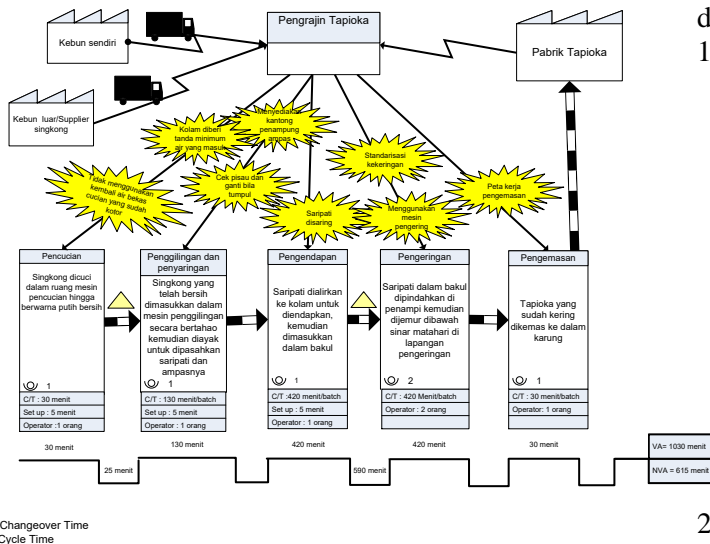
Eliminasi pemborosan dapat juga ditinjau dari prinsip 5S. Hasil identifikasi 5 S setelah dilakukan observasi langsung ke lapangan dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Seiri (Ringkas)

Dari hasil observasi lapangan, terlihat terdapat barang yang tidak diperlukan dalam proses produksi tapioka yang berada di unit kerja penggilingan bahan tepung tapioka seperti jemuran pakaian warga sekitar, gantungan pakaian bekas yang menggantung di pintu depan penggilingan dan lain-lain. Keberadaan barang-barang tersebut tentu mengganggu aktivitas proses produksi dan mengakibatkan ketidak rapihan pada unit kerja tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemindahan ke tempat lain yang tidak berhubungan dengan aktivitas produksi tapioka.

2. Seiton (Rapi)

Dari hasil observasi lapangan, terdapat barang pada unit kerja penggilingan bahan tepung tapioka kurang tertata rapi seperti perkakas yang diletakkan dan tidak disimpan pada tempatnya, bahan bakar solar tidak disimpan rapi dan kabel diletakkan dengan cara digantung dan penataan limbah padat yang tidak rapi. Perkakas kerja sebaiknya disimpan secara khusus ke dalam lemari perkakas. Bahan bakar solar disimpan di dalam jerigen



Gambar 2 Analisis VSM Proses Produksi Tapioka

Perbaikan aktivitas akan menurunkan nilai kegiatan yang tidak menghasilkan nilai *value added* serta meningkatkan efisiensi produksi. Kenaikan efisiensi akan meningkatkan produktivitas sehingga daya saing industri tapioka akan semakin meningkat. Penelitian lebih lanjut

serta kabel disimpan dengan cara digulung. Limbah padat sebaiknya langsung ditampung pada kantong besar untuk menghindari limbah tercecer di lantai

3. Seiso (Resik)

Pada beberapa lokasi di unit penggilingan bahan tapioka terlihat tidak bersih seperti oli yang berceceran di lantai sekitar mesin, air untuk mencuci ubi kayu tidak diganti setelah pencucian singkong pada tahap awal. Pada proses pencucian singkong sebaiknya menggunakan air yang sudah diganti setelah pencucian pertama. Untuk menjaga kebersihan unit produksi sebaiknya dilakukan jadwal rutin untuk membersihkannya.

4. Seiketsu (Rawat)

Sebaiknya dilakukan perawatan berkala secara rutin terhadap mesin produksi pada unit penggilingan bahan tepung tapioka. Perawatan ini dilakukan agar tidak terjadi kerusakan saat pemakaian mesin tersebut. Perawatan mesin dilakukan juga dengan tujuan agar tidak terjadi penurunan produksi. Sebagai contoh yang ditemukan di lapangan adalah mesin pompa air yang digunakan sebaiknya diletakkan dan disimpan di tempat teduh dan dirawat agar tidak menghambat ketika pengisian air.

5. Shitsuke (Rajin)

Budaya shitsuke ini memiliki tujuan untuk menanamkan kebiasaan melakukan pekerjaan dengan baik atau disiplin. Budaya ini perlu diterapkan oleh semua elemen unit penggilingan baik pada diri pekerja maupun pemilik penggilingan. Pemilik penggilingan sebagai pimpinan wajib memberikan contoh dengan cara termudah yaitu dengan mempraktikkan budaya 5S secara langsung. Pemberian *reward*, sosialisasi terhadap pentingnya 5S diperlukan untuk menjadi pendongkrak agar kegiatan 5S dapat berjalan dengan baik.

Aspek Lingkungan

Perhitungan Emisi Karbondioksida

Isu perubahan iklim menjadi pendorong masyarakat dunia menuntut untuk setiap pembangunan termasuk industri harus dapat mengukur keluaran gas rumah kaca yang

dihasilkan. Jenis- jenis gas rumah kaca yaitu Karbondioksida (CO₂), Metana (CH₄), Dinitro Oksida (N₂O), Sulfurheksaflorida (SF₆), Perfluorokarbon (PFC₈) dan Hidroflorokarbon (HFC₅). Pada kegiatan produksi tepung tapioka gas yang diukur adalah CO₂.

CO₂ dipilih karena merupakan gas penyumbang terbesar kontribusinya dalam pemanasan global, yaitu sebesar 83,4 % (Putt del Pino & Bhatia, 2002).

Metode yang digunakan untuk pengukuran CO₂ dalam sistem produksi adalah LCA. Batasan penghitungan emisi adalah dari sistem input masuk hingga produk jadi (*gate to gate*). Pabrik tapioka yang dijadikan contoh adalah industri yang berlokasi di Ciluar Bogor Jawa Barat.

Hasil analisis *inventory* dalam proses produksi tapioka sumber penghasil CO₂ adalah solar, listrik, plastik, karung plastik, karton, dan limbah cair. Hasil penghitungan emisi CO₂ pada proses tapioka disajikan pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengukuran Emisi Daur Hidup Produksi Tapioka

| No | Sumber | Hasil pengukuran (Kg CO ₂ -eq) | Persentase (%) |
|----|----------------|---|----------------|
| 1 | Solar | 0.0048± 0.0002 | 2.59 |
| 2 | Listrik | 0.0018± 0.0002 | 0.97 |
| 3 | Plastik | 0.02± 0 | 10.78 |
| 4 | Karung plastik | 0.004± 0 | 2.16 |
| 5 | Karton | 0.005± 0 | 2.69 |
| 6 | Limbah cair | 0.15± 0.002 | 80.82 |
| | Total | 0.1856 | |

Sumber : Kholilah (2019)

Pada proses produksi tapioka sumber emisi terbesar adalah limbah cair mencapai kontribusi sebesar 80,82 %. Emisi limbah cair diperoleh dari produksi gas metan yang dapat dihitung dari kg COD limbah cair tersebut. Besarnya emisi dari limbah cair dari proses produksi tapioka yaitu 0.103 kg CH₄/m³ limbah cair yang dihasilkan. Sebanyak 1 kg CH₄ setara dengan 25 kg CO₂.

Perhitungan Kebutuhan Energi

Selain perhitungan emisi CO₂, besarnya net energi yang dibutuhkan dalam proses produksi tapioka juga perlu dihitung. Net energi merupakan besarnya energi yang dibutuhkan dan

yang dihasilkan dari suatu *life cycle* atau siklus hidup produk dalam satuan MJ/kg produk. Hasil perhitungan penggunaan energi untuk produksi tapioka disajikan pada Tabel 4.

Proses produksi tapioka membutuhkan energi sebesar 0,928 MJ/kg. Kebutuhan energi terbesar adalah solar yang mencapai kontribusi sebesar 38,78 %. Solar dalam produksi tapioka dibutuhkan sebagai energi untuk menggerakkan mesin giling.

Tabel 4 Hasil Pengukuran Pemakaian Energi Daur Hidup Produksi Tapioka

| No. | Sumber | Hasil pengukuran (MJ/kg) | Persentase (%) |
|-----|----------------|---------------------------|----------------|
| 1 | Solar | 0.36± 0.01 | 38.78 |
| 2 | Listrik | 0.07± 0.001 | 7.54 |
| 3 | Plastik | 0.22± 0 | 23.71 |
| 4 | Karung plastik | 0.04± 0 | 4.31 |
| 5 | Karton | 0.19± 0 | 20.47 |
| 6 | Manusia | 0.048± 0.005 | 5.17 |
| | Total | 0,928 | |

Sumber : Kholilah (2019)

Pengelolaan Limbah Cair

Limbah cair pada produksi tapioka berasal dari 2 kegiatan yaitu pencucian dan pengendapan. Kedua limbah cair tersebut pada industri disalurkan ke badan air yaitu saluran air yang menuju ke sungai. Pembuangan limbah cair ke badan sungai dapat mengganggu kualitas air sungai. Hasil studi literatur limbah cair tapioka dapat diolah dengan berbagai alternatif, yaitu

1. Mengolah limbah cair dengan lumpur aktif untuk mengadsorpsi sianida. Dari suatu hasil percobaan lumpur aktif dapat menurunkan kandungan sianida sebesar 85,36 %, sehingga limbah cair akan memenuhi kualitas baku mutu air (Tuslinah, Rahma, & Zustika, 2020).
2. Mengolah limbah cair dengan hidrotalsit-magnetit untuk mengadsorpsi sianida. Efisien adsorpsi sianida dengan metode adalah sebesar 87,96 % sehingga limbah cair akan memenuhi kualitas baku mutu air. Cara ini lebih efisien dibanding dengan metode aerob maupun anaerob (Aulia, Sari, & Asriza, 2021)
3. Limbah cair diolah menjadi produk nata de cassava. Limbah cair tapioka digunakan media pertumbuhan *Acetobacter Xylinum*. Hasil

yang didapat adalah waktu optimal fermentasi 10 hari, ketebalan nata sebesar 0.55 cm, kadar air 97.58% dan rendemen 63.09 % (Alfarisi, Zahrina, & Mutamima, 2021).

4. Diolah menjadi bioflok. Limbah cair memiliki konsentrasi karbon sekitar 119,11 mg/l, berpotensi diolah jadi bioflok sebagai sumber pakan tambahan ikan.
5. Limbah cair ditangkap dan dijadikan biogas. Metode penangkapan biogas dengan sistem CIGAR (*Covered In Ground Anaerobic Reactor*). Sistem CIGAR dalam kondisi optimal dapat mereduksi sedikitnya 95% BOD, 75% COD dan juga dapat mereduksi warna limbah (Aprizal, 2011).

Alternatif pengolahan limbah cair yang didapat dari studi literatur untuk alternatif 1 dan 2 kekurangan yaitu masih dihasilkan air buangan. Walaupun sudah berhasil mereduksi kandungan sianida namun sesuai prinsip keberlanjutan untuk kegiatan produksi sebisa mungkin dihasilkan buangan yang seminimal mungkin atau mencapai *zero waste*, bahkan dapat dihasilkan nilai tambah. Alternatif tersebut belum menghasilkan *zero waste*. Alternatif 3 dan 4 masih memiliki kelemahan yaitu perlu dipikirkan bagaimana memasarkan produk yang akan dihasilkan. Hal tersebut tentu membutuhkan penelitian lanjutan terhadap tekno ekonomi alternatif 3 dan 4. Alternatif terbaik yang diusulkan adalah alternatif kelima yaitu mengubah limbah cair menjadi biogas

Usulan mengubah limbah cair menjadi biogas sesuai juga dengan pembahasan sebelumnya dimana berdasarkan pada perhitungan pengukuran emisi dimana emisi terbesar adalah berasal dari limbah cair dan kebutuhan energi terbesar berasal dari solar, maka langkah perbaikan yang direkomendasikan adalah mengolah limbah cair dengan cara menangkap metana kemudian dikonversi menjadi biogas. Biogas selanjutnya digunakan untuk menggerakkan mesin penggiling. Langkah ini dapat meminimalkan emisi CO₂ yang dihasilkan sekaligus mengganti bahan bakar minyak solar dengan sumber energi terbarukan.

Metode penangkapan biogas dengan sistem CIGAR sangat tepat untuk diterapkan pada industri tapioka skala kecil karena hanya

mempunyai teknologi sederhana dengan biaya investasi yang tidak terlalu tinggi dan pemeliharaan yang sederhana. Sistem IPAL dengan CIGAR hanya memerlukan reaktor sebagai tempat saluran limbah cair tapioka untuk kemudian difermentasi secara anaerobik. Proses fermentasi anaerobik akan menghasilkan biogas untuk selanjutnya dikeluarkan dari outlet reaktor.

Pemanfaatan limbah cair menjadi biogas, emisi yang dihasilkan hampir sepenuhnya dapat direduksi atau dalam penelitian ini sebesar 35% dari total emisi daur hidup produk tapioka. Berdasarkan perhitungan jumlah metana yang dihasilkan sekitar 5.122 m^3 /sekali produksi dan serta dapat memproduksi biogas sekitar 9.426 m^3 atau 9426 liter/sekali produksi. Hal ini setara dengan 45585.8 kkal atau 190.86 MJ dengan nilai energi metan murni sebesar 8900 kkal/ m^3 . Energi dari biogas yang dihasilkan dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar pada proses penggilingan. Alternatif lain adalah biogas dapat dibakar seperti elpiji, dalam skala besar biogas dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik, sehingga dapat dijadikan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Pengolahan limbah cair menjadi biogas dapat menurunkan tingkat emisi CO_2 yang dihasilkan yaitu sebesar 35% dari total emisi daur hidup tapioka dengan asumsi seluruh biogas yang dihasilkan dimanfaatkan untuk keperluan produksi.

Pengelolaan Limbah Padat

Pada beberapa referensi dikatakan bahwa hasil dari proses produksi tapioka dengan bahan baku singkong 1 ton akan menghasilkan 25% tepung kering dan 40% tepung basah, sehingga dalam 1 ton bahan baku mentah tersebut akan menghasilkannya sekitar 10% limbah (Onggok) dari bahan baku. Sedangkan dari bahan baku singkong seberat 1 kwintal akan menghasilkan limbah kulit singkong sebanyak 13 kg dan singkong bersih yang dapat diproduksi sebanyak 87 kg. Sehingga dapat dikatakan bahwa dalam setiap kali produksi 40 Ton dapat menghasilkan 4 ton onggok dan 5,2 ton kulit singkong. Limbah padat yang dihasilkan oleh usaha tapioka di Limahpar ini dengan kapasitas produksi perhari 2000 kg singkong adalah 200 kg onggok per hari dan 260,1 kg kulit singkong perhari sedangkan limbah cair $12 - 18 \text{ m}^3$ perhari.

Sumber limbah padat pada produksi tapioka adalah kulit singkong dan padatan hasil ekstarksi. Limbah padat hasil ekstaksi pada kondisi eksisting telah diolah menjadi onggok sebagai produk samping. Onggok mempunyai nilai ekonomis sehingga dapat menambah pendapatan industri tapioka. Onggok ini dimanfaatkan dengan menjualnya pada peternak untuk dijadikan sebagai bahan tambahan pakan ternak.

Limbah kulit singkong pada kondisi eksisting masih belum dimanfaatkan untuk diolah, hanya dikumpulkan dan kemudian diambil oleh masyarakat yang membutuhkan. Limbah padat kulit singkong berpotensi untuk diolah menjadi pupuk, bioetanol, keripik, dan produk kecantikan.

Pada paper ini limbah singkong belum dapat dibahas secara mendalam. Hal lain yang belum dibahas adalah tentang *closed loop* produksi tapioka. Pada produksi tapioka juga dihasilkan uap air yang dihasilkan dari proses ekstraksi dan separasi setelah pengeringan.

5. KESIMPULAN

Produksi tapioka dapat direkayasa sehingga dihasilkan produk yang berkelanjutan. Industri tapioka telah memenuhi aspek keberlanjutan ekonomi dan lingkungan. Aspek ekonomi ditunjukkan dengan terciptanya nilai tambah produk, layak secara finansial dan dengan konsep *lean production* dapat dieleminasi pemborosan sehingga dapat meningkatkan produktivitas. Peningkatan produktivitas tentunya meningkatkan daya saing industri. Pada aspek lingkungan limbah yang dihasilkan baik berupa cair dan padat dapat diolah untuk dapat dimanfaatkan kembali dalam sistem produksi tapioka (memenuhi *closed loop system*). Alternatif yang diusulkan adalah pengolahan limbah cair menjadi biogas untuk kemudian biogas dimanfaatkan sebagai alternatif sumber energi produksi sekaligus menurunkan emisi karbondioksida yang dihasilkan. Untuk limbah padat sudah eksisting diolah menjadi onggok sebagai produk samping. Usulan lanjutan pembahasan adalah terkait pemanfaatan limbah padat singkong dan pemanfaat uap air sehingga konsep *closed loop* dapat diterapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, L., Adji, S., & Farida, U. (2021, April). Analisis dan Perbaikan Manajemen Risiko pada Rantai Pasok Produk Tepung Tapioka PT. Budi Starch & Sweetener Tbk Ponorogo dengan Menggunakan Metode House of Risk (HOR). *Isoquant : Jurnal Ekonomi, Manajemen dan Akuntansi*, 5(1), 92-107.
- Alfarisi, C., Zahrina, & Mutamima, A. (2021). Pembuatan nata de cassava dari limbah cair tapioka dengan menggunakan sumber nitrogen alami yang berbeda. *Jurnal Ilmiah pertanian*, 17(2), 93-100.
- Amilia, W., & Choiron, M. (2017). Studi Kelayakan Usaha dan daya saing pada industri tepung tapioka di Kecamatan Pogalan Kabupaten Trenggalek. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian (J-SEP)*, 10(2), 51-57.
- Aprizal, D. (2011). *Potensi Pemanfaatan Limbah di Industri Tapioka Rakyat Terpadu*. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Aulia, M., Sari, F., & Asriza, R. (2021). Synthesis Of Mg/Al Hydrotalsite-Magnetite As CN-Ion Adsorbent On Wastewater Tapioca Industry. *Stannum : Jurnal sains dan Terapan kimia*, 3(2), 69-75.
- BAPEDAL. (1996). *Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Tapioka di Indonesia*. Jakarta: Badan Pengendalian Dampak Lingkungan.
- Calarge, F., Satolo, E., Pereira, F., & Diaz, E. (2012). Evaluation Of Lean Production Systemby Using SAE J4000 Standard : Case Study In Brazilian and Spanish Automotive Component Manufacturing Organization. *African Journal of Business Management*, 6(49), 11839-11850.
- Feliana, F., Laenggeng, A., & Dhafir, F. (2014). Kandungan Gizi Dua Jenis Varietas Singkong (Manihot Esculenta) berdasarkan Umur Panen di desa Siney Kecamatan Tinombo Selatan Kabupaten Parigi Moutong. *Jurnal e- Jibbiol*, 2(3), 1-14.
- Harris, J. (2000). *Basic Principles of Sustainable Development*. Tufts University. USA: Global Development and Environment Institute.
- Herdiyandi, H., Rusman, Y., & Yusuf, M. (2017). Analisis Nilai Tambah Agroindustri Tepung Tapioka Di Desa Negaratengah Kecamatan Cineam Kabupaten Tasikmalaya (Studi kasus pada Seorang Pengusaha Agroindustri Tepung Tapiokadi Desa Negaratengah Kecamatan Cineam Kabupaten Tasikmalaya). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroinfo Galuh*, 2(2), 81-86.
- Howarth, R. (2007). Towards an operational sustainability criterion. *Ecological Economics*, 63(4), 656-663.
- Irawanto, D., Krisdiana, R., Wisnubroto, E., & Newby, J. (2020). Exploring the Farmer Productive Behaviour of Cassava in Effort of Developing Value-Chain Linkages to Improve Smallholder Cassava Production Systems in North Sumatera Indonesia. *IOP Conf Series : Earth and Environmental Science*.
- Kholilah, S. (2019). *Potensi Emisi Gas Rumah Kaca Produk Tapioka dengan Pendekatan Life Cycle Assessment*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Lucato, W., Calarge, F., Loureiro, J., & Calado, R. (2014). Performance Evaluation Oflean Manufacturing Implementation in Brazil. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 63(5), 529-549.
- Ohno , T. (1998). *Toyota Production System : Beyond Large Scale Production*. (B. Raton, Ed.) Productivity Press.

- Putt del Pino , S., & Bhatia, P. (2002). *Working 9 to 5 on Climate Change : An Office Guide*. Washington DC : World Resource Institute.
- Ratnanengsih, D., Risyahadi , S., & Wijaya, H. (2020). Penerapan lean production pada penggilingan Bahan Tepung Tapioka untuk Mereduksi Pemborosan di Kelurahan Cimahpar. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*, 2(2), 187-197.
- Rawabdeh, I. (2005). A Model for the Assessment of Waste in Job Shop Environments. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(9), 800-822.
- Safitri, I. (2016). *Analisis Kelayakan Finansial dan Strategi Pengembangan Agroindustri Tepung Tapioka di Desa Pogalan Kecamatan Pogalan Kabupaten Trenggalek*. Universitas Jember.
- Salahudin, Wahyudi, Ulum, I., & Kurniawan, Y. (2018). Model manajemen Kelompok Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) Usaha Tepung Tapioka. *Aristo*, 6(1), 18-44.
- Sundar, R., Balaji, A., & Kumar, R. (2014). Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. *Procedia Engineering* 97, 1875-1885.
- Tama, I., Yuniarti, R., Eunike, A., Azlia, W., & Hamdala, I. (2019). *Model Supply Chain Agroindustry di Indonesia : Studi kasus produk singkong*. Malang: UB Press.
- Tambun, R., & Manik, Y. (2020). Value Chain Analysis of Cassava (Manihot Esculeta) in Toba Samosir Regency, North Sumatera, Indonesia. *Journal of engineering and Scientific Research*, 2(1), 39-43.
- Tuslinah, L., Rahma, M., & Zustika, D. (2020, June). Optimation of Cyanide Adsorption From Tapioca Industry Liquid Waste Using Activated Sludge. *2nd Bakti Tunas Husada-Health Science International Conference (BTH-HSIC 2019)*, 39-43.
- Wijayanti, F., Novianti, F., Karim, M., Sudaryanto, A., & Carolina, C. (2017). How to improve Business Performance : A Financial Analysis on Micro Tapioca Industry. *2nd International Conference on Economic Education Entrepreneurship (ICEEE)*, 240-246.
- Zairina, W., Chumaidiyah, E., & Aurachman, R. (2015). Analisis Kelayakan Investasi Tepung Tapioka PT. Biofuel Bigcassava Hidayah Berdasarkan Aspek Pasar, teknis, Lingkungan Dan Finansial Untuk Pasar di Kota Bandung. *e Proceedings of Engineering*, 2(1).