

ANALISIS PRODUKTIVITAS PENGOLAHAN SAMPAH MENJADI ENERGI LISTRIK DALAM PROYEK MEKANISME PEMBANGUNAN BERSIH DI TPA SUMUR BATU, BANTAR GEBANG, KOTA BEKASI

PRODUCTIVITY ANALYSIS OF PROCESSING WASTE INTO ELECTRICAL ENERGY IN CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM AT TPA SUMUR BATU, BANTAR GEBANG, BEKASI CITY

Firmansyah

Prodi Manajemen Bisnis Telekomunikasi dan Informatika, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Telkom
firmansyahfr7@gmail.com

Abstrak

Sampah menjadi isu lingkungan yang perlu ditangani secara serius seperti yang dilakukan oleh kota Bekasi melalui TPA Sumur Batu yang mengolah sampahnya menjadi energi listrik. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui dan menganalisis produktivitas pengolahan sampah menjadi energi listrik dan faktor yang dapat mempengaruhi rendahnya produktivitas, lalu mengetahui dan menganalisis akar penyebab faktor tersebut, kemudian mengetahui dan menganalisis penyebab yang paling dominan.

Jenis penelitian ini adalah *mix method*, yaitu kualitatif karena pengumpulan data berasal dari wawancara, observasi dan dokumentasi, dan juga kuantitatif karena data yang diperoleh berbentuk angka dan dianalisis menggunakan alat bantu statistik seperti Diagram Pareto. Langkah pertama dalam penelitian ini menganalisis produktivitas TPA Sumur Batu dalam menghasilkan listrik dan faktor yang dapat mempengaruhi rendahnya produktivitas, setelah itu menganalisis akar penyebab faktor tersebut dengan Diagram Sebab-akibat kemudian menganalisis penyebab paling dominan menggunakan Diagram Pareto.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa produktivitas atau perbandingan *output* dan *input* TPA Sumur Batu dalam pengolahan sampah menjadi energi listrik adalah 120 Kilowatt/1.200 m³ metana dari potensi 3.751,6 Kilowatt/22.510 m³ yang diproyeksikan. Melalui Diagram Sebab-akibat diketahui akar penyebab kurangnya metana berasal dari 4M (Manusia, Mesin, Material dan Metode), penyebabnya antara lain kelalaian pegawai, kebocoran mesin, usia *Landfill*, tidak memilah sampah antara organik dan non organik dan tidak menutup sampah dengan terpal hitam. Melalui Diagram Pareto diketahui bahwa penyebab paling dominan adalah kelalaian pegawai dengan persentase 40%.

Kata kunci : Diagram Pareto, Diagram Sebab-akibat, Faktor Produktivitas, Produktivitas

Abstract

Waste into environmental issues that need to be taken seriously as did by city of Bekasi through TPA Sumur Batu which processing garbage into electrical energy. The purpose of this study is to determine and analyze the productivity of waste into electrical energy and factors that may affect the low productivity, then investigate and analyze the root causes of these factors, then investigate and analyze the causes of the most dominant.

This research is mixed method, which is qualitative because the collection of data derived from interviews, observation and documentation, as well as quantitative data obtained in the form of numbers and analyzed using statistical tools such as Pareto diagram. The first step in this research is to analyze the productivity of TPA Sumur Batu in generating electricity and the factors that may affect the low productivity, then analyze the root causes of these factors with Cause-effect diagram and then analyze the causes of the most dominant use Pareto diagram.

The results showed that the productivity or the ratio of output and input TPA Sumur Batu in processing waste into electrical energy is 120 Kilowatt/1,200 m³ of methane from potential 3751.6 Kilo watts/22 510 m³ projected. Through Cause-effect diagram known root cause of the lack of methane derived from 4M (Man, Machine, Material and Methods), the causes include employee negligence, machine leaks, age Landfill, no waste sorting between organic and non-organic and not close the trash with a black tarp . Through Pareto diagram is known that the most dominant cause is the negligence of an employee with a percentage of 40% .

Keywords: Pareto Diagram, Cause-effect diagram, Factor Productivity, Productivity

1. Pendahuluan

Masalah lingkungan hidup menjadi *concern* bagi masyarakat internasional dan menjadi agenda kritis para pemimpin dunia, baik itu negara maju atau berkembang, negara kaya atau miskin, semua memiliki kesamaan dalam menghadapi masalah lingkungan hidup, setidaknya dalam 3 dekade terakhir ini [6]. Salah satu yang menjadi *concern* adalah permasalahan sampah yang berdampak buruk bagi lingkungan hidup jika tidak ditangani secara tepat. Tidak hanya di Indonesia, negara-negara di dunia mengakui bahwa sampah telah menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang perlu untuk ditangani secara serius [3]. *Asian Development Bank* dalam kajian krisis sampah mengestimasi jumlah sampah yang dihasilkan oleh kota-kota besar di Asia rata-rata sebanyak 760 ribu ton per hari. Jika tidak bersungguh-sungguh mengatasinya, diperkirakan pada tahun 2025 akan menjadi lebih dari dua kalinya yakni, 1,8 juta ton per hari. Meningkatnya jumlah timbulan sampah secara signifikan telah menyebabkan peningkatan biaya pengelolaan sampah dan penggunaan sumber daya yang selanjutnya akan menjadi penyebab timbulnya persoalan baru yang kompleks di bidang perekonomian dan lingkungan hidup. Beberapa negara-negara di dunia sudah cukup baik dalam mengatasi permasalahan sampah yaitu dengan memanfaatkannya menjadi sesuatu yang berguna, contoh pengelolaan sampah yang dilakukan negara-negara di dunia dapat dilihat pada Gambar 1.

Jepang	Sampah kemasan dan kontainer, perlengkapan rumah tangga (<i>home appliance</i>), rongsokan kendaraan (<i>End of Live Vehicles, ELV</i>), sampah makanan (<i>food waste</i>), dan puing bangunan (<i>construction waste</i>)
Jerman	Kemasan (<i>packaging</i>), sampah elektronik (<i>Waste Electrical and Electronic Equipment, WEEE</i>), rongsokan kendaraan (<i>ELV</i>), sampah organik (<i>biowaste</i>)
European Union	Kemasan (<i>packaging</i>), sampah elektronik (<i>WEEE</i>), rongsokan kendaraan (<i>ELV</i>).
Korea Selatan	Kemasan (<i>packaging</i>), perlengkapan rumah tangga (<i>home appliances</i>), sampah makanan (<i>food waste</i>), puing bongkaran bangunan (<i>construction waste</i>)

Gambar 1. Pengelolaan sampah negara-negara di dunia

Sumber : [3]

Permasalahan sampah di Indonesia sendiri diatasi dengan adanya UU Nomor 18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah [8]. Payung hukum ini membuktikan Indonesia serius dalam mengatasi permasalahan sampah. Untuk mengurangi dampak lingkungan hidup terhadap suatu aktivitas tertentu, Indonesia telah menerapkan banyak perangkat pengelolaan lingkungan. Ada dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) dengan Rencana Pengelolaan Lingkungan dan Rencana Pemantauan Lingkungan (RKL, RPL), ada konsep Produksi Bersih dan 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) yang secara proaktif dapat memperkecil potensi pencemaran melalui minimisasi limbah yang akan terjadi akibat proses produksi dan ada juga *waste to energy* [5].

Saat ini semakin banyak pihak yang sudah mengetahui dan tertarik dengan konsep *waste to energy*, karena mampu menjadi solusi penanganan sampah sekaligus mengurangi pemakaian energi tidak terbarukan yang berbasis *fossil fuel*. Apalagi baru-baru ini Pemerintah RI melalui kebijakan *feed in* tarif Kementerian ESDM sudah menaikkan tarif listrik dari sumber energi terbarukan. Potensi listrik dari sampah salah satunya dapat melalui pembakaran sampah diatas 1000 derajat celsius (*incineration*) seperti dilakukan di Jepang, Singapura, dan Eropa. Salah satu konsep alternatif dari *waste to energy* adalah pemanfaatan gas metana dari TPA (*landfill gas recovery*). Gas metana dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar gas, atau dikonversi menjadi pembangkit listrik. Beberapa TPA di Indonesia sudah memulainya, seperti DKI Jakarta, Kota Bekasi, Bali, Kabupaten Malang, Kota Malang, dan Kota Kendari. Namun baru DKI Jakarta dan Bali yang telah melakukan kontrak dengan PLN untuk penjualan listrik [3].

Salah satu yang menarik adalah Kota Bekasi melalui TPA Sumur Batu yang memanfaatkan gas metana menjadi pembangkit listrik dibawah payung proyek Mekanisme Pembangunan Bersih. Mekanisme Pembangunan Bersih adalah salah satu proyek penurunan emisi gas rumah kaca (termasuk gas metana), proyek ini tercantum dalam Protokol Kyoto, yaitu perjanjian negara-negara di bawah naungan PBB tentang kewajiban penurunan emisi gas rumah kaca yang berdampak buruk bagi lingkungan hidup. Indonesia sendiri meratifikasi perjanjian tersebut melalui UU Nomor 17 tahun 2004 [7]. Saat ini TPA Sumur Batu menghasilkan energi listrik sebesar 120 Kilowatt dari pemanfaatan gas metana per harinya, namun belum didistribusikan kepada masyarakat karena masih terbilang sedikit, listrik masih sebatas digunakan untuk internal pengelolaan TPA.

Perlu adanya peningkatan produktivitas pengolahan sampah menjadi energi listrik ini karena proyek ini sangat potensial untuk mengatasi krisis energi dan krisis listrik di Indonesia. Listrik sebesar 120 Kilowatt jika didistribusikan ke rumah warga mampu menerangi sekitar 90 rumah, bisa dibayangkan jika tiap TPA di Indonesia menghasilkan energi listrik dari sampahnya, bukan tidak mungkin krisis listrik di Indonesia bisa teratasi dan menjadi sumber energi terbarukan. Hal ini yang mendasari penelitian yang berjudul “Analisis Produktivitas Pengolahan Sampah Menjadi Energi Listrik Dalam Proyek Mekanisme Pembangunan Bersih di TPA Sumur Batu, Bantar Gebang, Kota Bekasi.

2. Tinjauan Pustaka/Metodologi

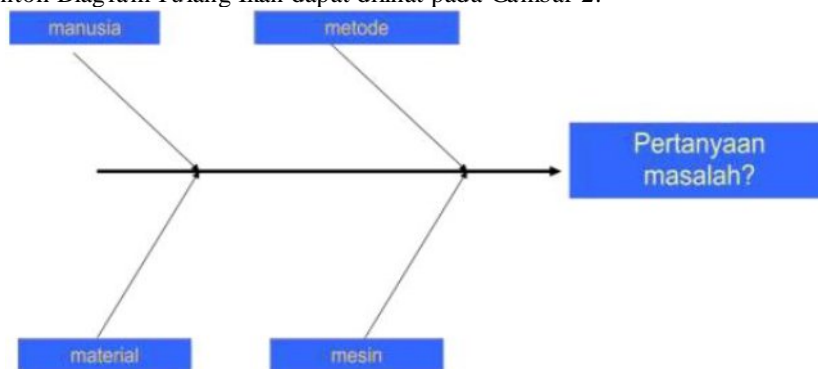
2.1 Produktivitas

Produktivitas dapat diukur dengan beberapa standar utama seperti produktivitas fisik dan produktivitas nilai. Secara fisik produktivitas dapat diukur dengan metode kuantitatif, sedangkan secara nilai produktivitas dapat diukur atas dasar nilai-nilai kemampuan, sikap, perilaku, disiplin, motivasi dan komitmen terhadap pekerjaan/tugas. Indeks produktivitas diukur berdasarkan perbandingan antara pencapaian *performance* dengan sumber-sumber yang dialokasikan. Garpersz [10] menuliskan pengukuran tersebut dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$\text{Indeks Produktivitas} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{\text{Performansi}}{\text{Alokasi Sumber Daya}} = \frac{\text{Efektivitas}}{\text{Efisiensi}} \quad (1)$$

2.2 Diagram Sebab Akibat

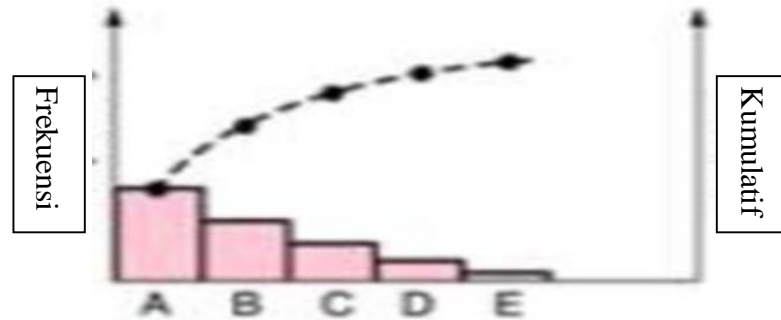
Salah satu perangkat untuk mengidentifikasi masalah kualitas dan titik inpeksi adalah diagram sebab-akibat yang juga dikenal dengan diagram tulang ikan dikarenakan bentuknya seperti tulang ikan yang mengidentifikasi unsur proses (penyebab) yang mempengaruhi unsur hasil. Manajer operasi memulai dengan 4 kategori: material/bahan baku, mesin atau peralatan, manusia, dan metode. Inilah yang disebut “4M” yang merupakan penyebab. Keempat kategori ini memberikan suatu daftar periksa yang baik untuk melakukan analisis awal. Contoh Diagram Tulang Ikan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Tulang Ikan
Sumber : [2]

2.3 Diagram Pareto

Diagram pareto pertama kali diperkenalkan oleh Alfredo Pareto dan digunakan pertama kali oleh Joseph Juran. Diagram pareto adalah grafik balok dan grafik baris yang menggambarkan perbandingan masing-masing jenis data terhadap keseluruhan. Dengan memakai Diagram Pareto, dapat terlihat masalah mana yang dominan sehingga dapat mengetahui prioritas penyelesaian masalah. Fungsi diagram pareto adalah untuk mengidentifikasi atau menyeleksi masalah utama untuk peningkatan kualitas dari yang paling besar ke yang paling kecil. Kegunaan diagram pareto antara lain menunjukkan masalah utama, menyatakan perbandingan masing-masing persoalan terhadap keseluruhan, menunjukkan tingkat perbaikan setelah tindakan perbaikan pada daerah yang terbatas dan menunjukkan perbandingan masing-masing persoalan sebelum dan setelah perbaikan. Contoh Diagram Pareto dapat dilihat pada Gambar 3.

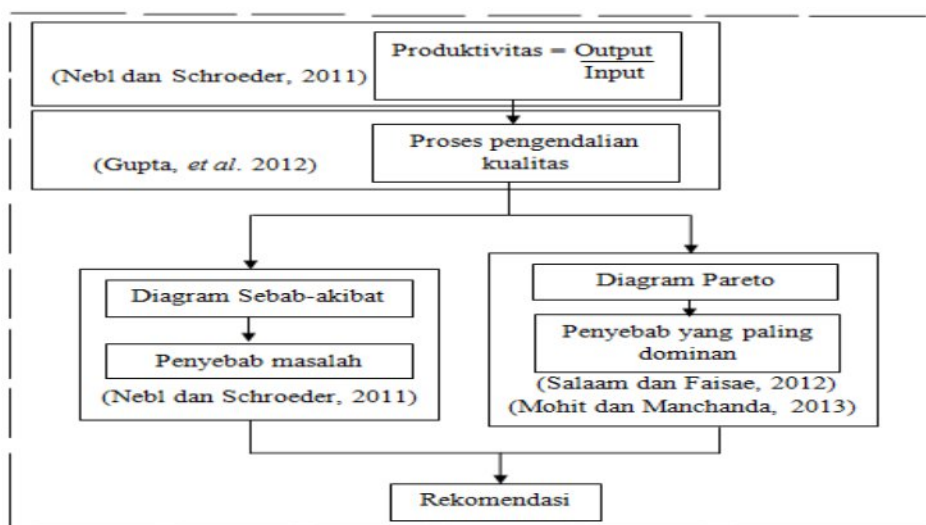


Gambar 3 Diagram Pareto
Sumber : [2]

2.4 Kerangka Pemikiran

Saat ini TPA Sumur Batu mampu menghasilkan energi listrik sebesar 120 Kilowatt dari tumpukan sampah per harinya. Listrik yang dihasilkan masih sebatas digunakan untuk keperluan internal pengelolaan TPA, karena jumlah tersebut masih terbilang kecil untuk dialirkan ke rumah-rumah warga atau dijual ke PLN, maka dari itu perlu adanya peningkatan produktivitas dalam menghasilkan energi listrik dari pengolahan sampah ini, salah satu caranya dengan memperbaiki kualitas atau mengurangi kerusakan yang terjadi baik pada input, proses atau output. Dengan begitu diharapkan masalah-masalah yang terdeteksi dapat diatasi dan diminimalisir yang pada akhirnya akan berdampak positif pada peningkatan produktivitas. Pada era sekarang ini, peningkatan kualitas harus mengantarkan pada hasil yang terukur baik jangka pendek dan jangka panjang, untuk produktivitas operasional sampai tingkat paling bawah. Pendekatan ini berujung pada logika dimana produk dan proses yang minim kerusakan akan berdampak positif bagi nilai perusahaan [4]. Produktivitas, kualitas dan juga biaya operasi secara relatif tergantung satu sama lain. Untuk meningkatkan produktivitas, kualitas juga harus ditingkatkan dan salah satu caranya adalah dengan mengurangi tingkat kerusakan [11]. Salah satu cara mengurangi tingkat kerusakan adalah menggunakan perangkat dari manajemen kualitas seperti Diagram Tulang Ikan untuk mengidentifikasi akar masalah dan memberikan solusi yang pada akhirnya akan berkontribusi pada peningkatan produktivitas [9]. Lalu setelah mengetahui akar masalah dari kualitas, Diagram Pareto adalah perangkat yang dapat digunakan untuk menganalisis dan menentukan akar masalah yang paling dominan mempengaruhi produktivitas, sehingga perusahaan bisa melakukan fokus perbaikan [1].

Penelitian ini akan menganalisis bagaimana produktivitas TPA Sumur Batu dalam mengolah sampahnya menjadi energi listrik dan faktor apa yang dapat mempengaruhi rendahnya produktivitas. Setelah itu menganalisis akar penyebab faktor rendahnya produktivitas menggunakan Diagram Sebab-akibat dan menentukan penyebab paling dominan menggunakan Diagram Pareto untuk kemudian menghasilkan rekomendasi. Berdasarkan uraian diatas, maka kerangka pemikiran dalam penelitian ini dapat dilihat seperti pada gambar 4 :



Gambar 4. Kerangka Pemikiran

Keterangan : - - - - Ruang Lingkup Penelitian

3. Pembahasan Hasil Penelitian

Produktivitas TPA Sumur Batu dalam menghasilkan energi listrik saat ini dapat dilihat pada rumus (2).
 Produktivitas = $\frac{120 \text{ Kilowatt}}{1.200 \text{ m}^3}$ (2)

TPA Sumur Batu menghasilkan *output* berupa listrik sebesar 120 Kilowatt dari *input* berupa metana sebesar 1200 m³ per hari. Namun, berdasarkan data yang tercantum dalam dokumen resmi *Project Idea Note* TPA Sumur Batu seharusnya *input* metana yang dapat dihasilkan dari timbunan sampah bisa mencapai 22.510 m³ per hari, dengan *input* metana sebesar ini maka seharusnya produktivitas TPA Sumur Batu seperti pada rumus (2).

Untuk menghasilkan listrik sebesar 120 Kilowatt dibutuhkan minimal 720 m³ / hari, maka dengan *input* metana sebesar 22.510 m³ / hari, listrik yang dapat dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$720 \text{ m}^3 = 120 \text{ Kilowatt}$$

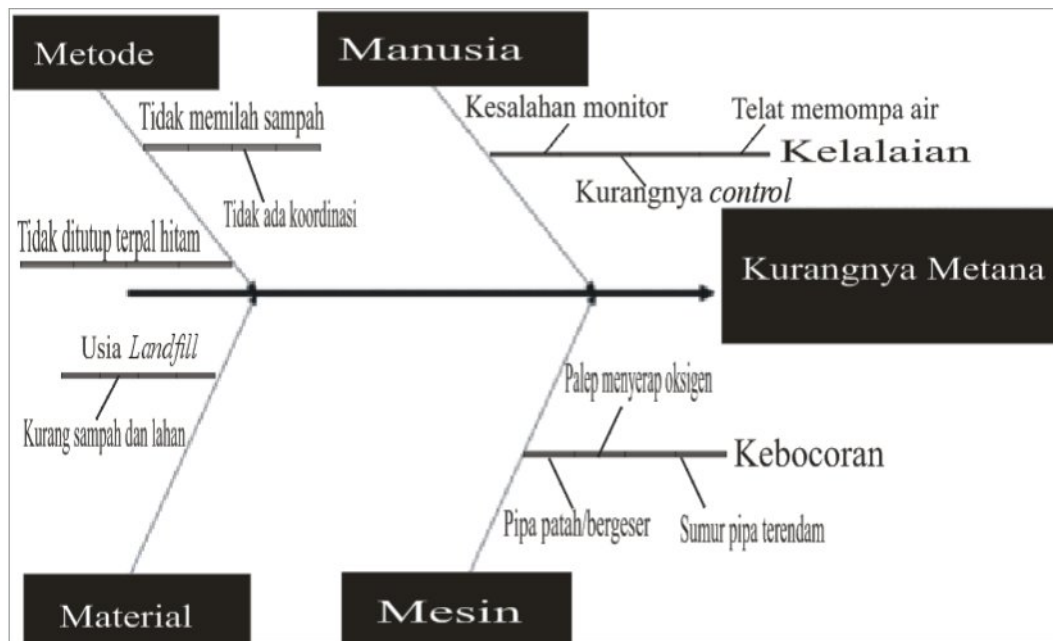
$$22.510 \text{ m}^3 = x$$

$$x = \frac{22.510 \cdot 120}{720} = 3.751,6 \text{ Kilowatt}$$

$$\text{Produktivitas} = \frac{3.751,6 \text{ Kilowatt}}{22.510 \text{ m}^3} \quad (3)$$

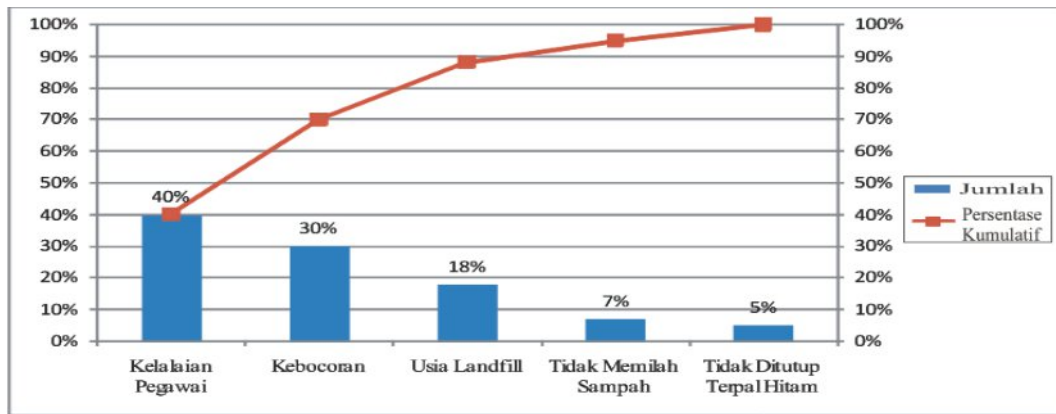
Berdasarkan uraian diatas, produktivitas TPA Sumur Batu yang digambarkan dalam persamaan (2) masih rendah atau belum sesuai target yang diproyeksikan dalam dokumen resmi TPA Sumur Batu dimana seharusnya produktivitas TPA Sumur Batu seperti pada persamaan (3). Sementara itu, faktor yang menyebabkan produktivitas TPA Sumur Batu rendah adalah *input* yaitu berupa gas metana, dimana saat ini gas metana yang dihasilkan dari timbunan sampah hanya sebesar 1.200 m³ per hari dari potensi 22.510 m³ per hari atau dengan kata lain baru mencapai 5,33% dari potensi yang diproyeksikan.

Setelah diketahui jenis kerusakan yang terjadi, maka TPA Sumur Batu perlu mengambil langkah-langkah perbaikan untuk mencegah timbulnya kerusakan yang serupa. Hal penting yang harus dilakukan dan ditelusuri adalah mencari penyebab timbulnya kerusakan tersebut. Sebagai alat bantu untuk mencari penyebab terjadinya kerusakan tersebut, digunakan diagram sebab akibat atau yang disebut *fishbone chart*. Adapun penggunaan diagram sebab akibat untuk menelusuri akar penyebab rendahnya *input* metana yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Diagram Sebab Akibat TPA Sumur Batu

Setelah mengetahui akar penyebab kerusakan di TPA Sumur Batu, selanjutnya adalah menentukan faktor yang paling dominan berpengaruh terhadap rendahnya metana seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Diagram Pareto TPA Sumur Batu

Dari Diagram Pareto diatas, diketahui bahwa hampir 90% penyebab kurangnya metana didominasi oleh 3 jenis kerusakan yaitu kelalaian pegawai dengan persentase 40%, kebocoran sebesar 30% dan usia *Landfill* sebesar 18%. Selebihnya kurangnya metana disebabkan karena tidak memilah sampah organik dan non organik dan tidak menutup sampah dengan terpal hitam yang masing-masing mempunyai persentase 7% dan 5%. Jadi perbaikan dapat dilakukan dengan memfokuskan pada 3 jenis kerusakan terbesar yaitu kelalaian pegawai, kebocoran dan usia *Landfill*. Hal ini dikarenakan ketiga jenis kerusakan tersebut mendominasi hampir 90% dari total kerusakan yang menyebabkan kurangnya metana pada pengolahan sampah menjadi energi listrik.

Setelah mengetahui faktor dan akar penyebab yang mempengaruhi produktivitas, berikut usulan tindakan perbaikan kepada TPA Sumur Batu agar mengurangi dan mencegah kerusakan terjadi lagi di kemudian hari.

Tabel 1
Rekomendasi

Unsur	Faktor Penyebab	Usulan tindakan Perbaikan
Manusia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kesalahan monitor 2. Telat memompa air 3. Kurangnya <i>control</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membuat suatu bagian kerja baru yang bertugas melakukan pengawasan dan pengecekan ulang terhadap kinerja pegawai yang melakukan monitor sehingga dapat mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh <i>human error</i>. 2. Memberi pengarahan kepada pegawai yang bertugas memompa air untuk siaga saat hujan turun, pegawai harus mengunjungi sumur pipa untuk menyetel mesin untuk memompa air ketika intensitas hujan masih rendah, jangan sampai menunggu ketika hujan sudah deras karena jarak tempuh sumur pipa yang cukup jauh membuat sumur pipa cepat terendam. 3. Membuat jadwal <i>shift</i> kerja menjadi 2 <i>shift</i> dalam sehari, saat ini dengan 3 <i>shift</i> dalam sehari dimana dalam 1 <i>shift</i> itu hanya terdapat 5 pegawai yang membuat kurangnya <i>control</i> karena luasnya cakupan <i>Landfill</i> atau timbunan sampah sehingga akan lebih efektif jika dalam 1 hari dibuat 2 <i>shift</i> dimana dalam 1 <i>shift</i> terdapat minimal 10 pegawai dengan rincian 2 bertugas di ruang monitor, 2 bertugas di mesin dan 6 sisanya bertugas di <i>Landfill</i>.
Metode	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tidak memilah sampah 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan pemilahan sampah organik dan non organik dengan cara membedakan truk sampah khusus organik dan non organik. Truk sampah organik lebih difokuskan mengangkut sampah-

	2. Tidak ditutup terpal hitam	sampah yang berasal dari pasar-pasar induk yang mayoritas sampahnya berjenis organik. Lalu membuat zona pembuangan sampah baru di <i>Landfill</i> yang khusus menampung sampah-sampah organik. 2. Menutup timbunan sampah dengan terpal hitam yang ketebalannya berdasarkan cuaca di Indonesia. Saat musim hujan timbunan sampah ditutup terpal hitam dengan ketebalan 100% agar air tidak terlalu banyak yang masuk, lalu pada saat musim kemarau timbunan sampah ditutup terpal hitam dengan ketebalan 50% agar timbunan sampah tidak terlalu kering dan tidak terlalu basah.
Material	Usia <i>Landfill</i>	Membebasakan lahan baru untuk timbunan sampah yang lebih <i>fresh</i> untuk menghasilkan metana. Membuat timbunan sampah baru juga membutuhkan sampah terutama organik lebih banyak, maka Pemkot Bekasi bisa mencoba bekerja sama dengan Pemkot Depok, Tangerang atau Bogor untuk membuang sebagian sampahnya ke Kota Bekasi.
Mesin	1. Palep menyerap oksigen. 2. Pipa patah/bergeser 3. Sumur pipa terendam	1. Melakukan pengecekan terhadap palep pipa sumur secara rutin, tidak hanya dilakukan ketika ada oksigen yang masuk sehingga mesin terganggu. Menambahkan deskripsi pekerjaan baru yaitu melakukan pengecekan ulang terhadap laporan pegawai yang bertugas di palep pipa sumur. 2. Melakukan pengawasan dan perawatan pipa secara rutin, tidak hanya dilakukan ketika pipa mengalami patah atau bergeser. Membuat penyangga-penyangga pipa agar pipa tidak mudah bergeser akibat hujan atau angin. Menyediakan suku cadang pipa yang penggantian kompenennya cukup sering agar tidak menghambat proses produksi. 3. Menutup sumur pipa dengan terpal hitam agar saat hujan tidak terlalu banyak air yang masuk. Melakukan pengawasan lebih rutin saat musim hujan tiba, pegawai juga harus menyetel mesin untuk melakukan pompa air saat hujan dengan intensitas rendah, jangan menunggu sampai hujan deras karena akan membuat sumur pipa cepat terendam.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian diatas, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Produktivitas atau perbandingan *output* dan *input* TPA Sumur Batu dalam pengolahan sampah menjadi energi listrik adalah 120 Kilowatt/1.200 m³ dari potensi 3.751,6 Kilowatt/22.510 m³. Faktor yang mempengaruhi rendahnya produktivitas adalah *input* yaitu kurangnya metana. Saat ini, TPA Sumur Batu menghasilkan energi listrik dari pemanfaatan 1.200 m³ metana dari potensi 22.510 m³ per hari atau baru sekitar 5,33%.
2. Akar penyebab kurangnya metana terbagi dalam 4 aspek yaitu Manusia, Mesin, Material dan Metode. Dari aspek manusia, penyebab kurangnya metana yaitu kelalaian pegawai seperti kesalahan monitor, kurangnya *control* dan telat memompa air. Lalu dari aspek mesin, penyebabnya adalah kebocoran seperti patahnya pipa, palep menyerap oksigen dan sumur pipa terendam. Dari aspek

material, penyebabnya adalah usia *Landfill* yang sudah tua dan tidak *fresh*, kemudian dari aspek metode terdapat 2 penyebab yaitu tidak dilakukannya pemisahan sampah dan tidak menutup sampah dengan terpal hitam.

3. Penyebab yang paling dominan mempengaruhi kurangnya metana adalah kelalaian pegawai dengan persentase 40%, kebocoran dengan persentase 30%, usia *Landfill* dengan persentase 18%, tidak memilah sampah dengan persentase 7% dan tidak menutup sampah dengan persentase 5%.

Daftar Pustaka

- [1] H.A. Salaam, S. B. How, M. F. Faisae 2012. *Productivity improvement using industrial engineering tools Faculty of Mechanical Engineering*, Universiti Malaysia Pahang (UMP), Pekan, Pahang Darul Makmur, 26600, Malaysia.
- [2] Heizer, Jay., dan Barry, Render. (2011). *Operations Management* (10th edition). New Jersey: Prentice Hall
- [3] Mohammad Helmy. (2013). Sumber Informasi Kelola Sampah Dengan Bijak. *Kelopak*, 1-27.
- [4] Mohit Taneja, Arpan Manchanda 2013. *Six Sigma an Approach to Improve Productivity in Manufacturing Industry*. Mechanical Engineering Department, R.I.E.T, Faridabad, Haryana, India.
- [5] Nur Farida, Annisa. (2013, 19 Mei). 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*). Kompasiana.
- [6] Nurul Isnaeni. (2005). Hukum Internasional dan Isu Kerusakan Lingkungan Global, Paper Acuan : MK. Hukum Internasional, (Program Pascasarjana (S2) departemen HI FISIP UI), hal 1.
- [7] Project Ide Note, TPA Sumur Batu. (2007). Implementasi CDM di TPA Sumur Batu Kota Bekasi. Dinas Kebersihan, Pemerintah Kota Bekasi.
- [8] Subekti, Sri. (2010). *Pengelolaan Sampah Rumah Tangga 3R Berbasis Masyarakat*. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim, Semarang.
- [9] Theodor Nebl and Anne-Katrin Schroeder. 2011. *Understanding the interdependencies of quality problems and productivity, The TQM Journal, Vol. 23 Iss 5 pp. 480 - 495* Institute of Production Management, University of Rostock, Rostock, Germany.
- [10] Tjutju Yuniarsih dan Suwatno. (2009). *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Alfabeta: Bandung.
- [11] Vipul Gupta, Padmanav Acharya and Manoj Patwardhan 2012. *Monitoring quality goals through lean Six-Sigma insures competitiveness*, ABV-Indian Institute of Information Technology and Management, Gwalior, India.